هدية المقتطف السنوية

الفيزيقا الحديثة

حاضرها ومستقبلها

تأليف

أحمد فهمي أبو الخير
ليسانسيه في العلوم والتربية من مدرسة المعلمين العليا
مدير ادارة السينما بوزارة المعارف

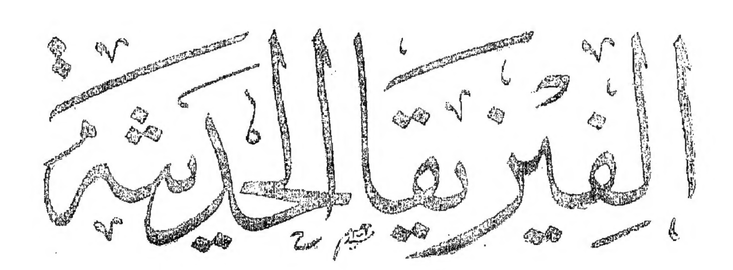
الكتاب موضح بالصور

قالت عنهُ لجنة الفحص بوزارة المعارف
« ان المعلومات الواردة به قد تناسب ادراك طلبة الجامعة المصرية
الذين يدرسون مواد تتصل بعلم الطبيعة »

الطبعة الاولى
١٣٥٩ — ١٩٤٠

طبع بمطبعة المقتطف والمقطم

هدية المقتطف السنوية



الفيزيقا الحديثة

حاضرها ومستقبلها

تأليف

أحمد فهمي أبو الخير

ليسانسيه في العلوم والتربية من مدرسة المعلمين العليا
مدير ادارة السينما بوزارة المعارف

الكتاب موضح بالصور

قالت عنهُ لجنة الفحص بوزارة المعارف

« ان المعلومات الواردة به قد تناسب ادراك طلبة الجامعة المصرية الذين يدرسون مواد تتصل بعلم الطبيعة »

الطبعة الاولى

١٣٥٩ — ١٩٤٠

طبع بمطبعة المقتطف والمقطم

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة

أما بعد فأريد في سلسلة البحوث التي يتضمنها هذا الكتاب مخاطبة قرائي الذين ليست لهم معرفة سابقة بالفيزيقا الحديثة . وأؤكد لهم أنهم سيخرجون من مطالعتها منشرحي الصدور وإن كان بعضهم قد لا يقتنع بها اقتناع الرجل العلمي

سأقدم لقرائي في القسم الأول من هذا الكتاب ، وهو الخاص بحاضر الفيزيقا ، « دنيا جديدة بدل تلك الدنيا القديمة » ، دنيا جديدة في الذرات وفي النجوم ، وصورة جديدة لأرضنا بهوائها ومائها وترابها . والحق أن الفيزيقا قد خطت إلى الأمام خطى واسعة مدهشة أثرت في العالم المادي كل التأثير ، ومن ثم تحتم علينا تصوير دنيانا من جديد على أساس كشوفها الحديثة

وسأقدم لقرائي في القسم الثاني من هذا الكتاب ، وهو الخاص بمستقبل الفيزيقا ، ما يجعلنا نقترب كثيراً من الوصول إلى تفسير المادة والحياة والعقل تفسيراً علمياً ؛ وسأخرج بهم إلى أن الفيزيقا والبيولوجيا والسيكولوجيا تتلاقى كلها عند مسألة الحياة . وسأدرس معهم مسألة الزمن على ضوء كل من الفيزيقا والفلك . ولا إخالهم بعد ذلك إلا معتقدين معي أن العلم إذا نجح في تفسير هذه المسألة وتطبيقها تطبيقاً فيزيقياً خالصاً سيؤدي إلى ظهور نوع جديد من العلم ، هو العلم العام الجامع الشامل

وأعد قرائي ألا أزج بهم في خضم النظريات — وخصوصا الرياضي منها — ولكني سأطلعهم على الأعماق وهم وقوف على الشاطىء . وليعلموا أن ليس لي في ذلك أي فضل ، لأني إنما أنقل إليهم أقوال أهل الفضل ، وتلك حقيقة أرتاح دائماً إلى الاعتراف بها . فليفهم قرائي ذلك ، وليعلموا أني ناقل عن كتب غيري ، جامع من كتب غيري ، مترجم عن كتب غيري ، مع تصرف يناسب ظروف الحال . وفوق هذا وذاك أعلن أني أتقبل مع السرور كل ما يوجه إلي من نقد سليم ، لكي أتلافى كل ما يمكن تلافيه مما يكون قد فاتني ، وذلك إذا قدر لكتابي هذا أن يعاد طبعه

والله أسأل أن يضطلع كتابي هذا بحظه في نشر الثقافة العامة ، والله أسأل أن ينفع به

سبتمبر سنة ١٩٤٠ أحمد فهمي أبو الخير

القسم الاول

حاضر الفيزيقا

وفيه اربعة عشر فصلاً

من الأول إلى الرابع عشر

الفصل الاول

ذرات الكهربائية

من المفيد لنا أن ندرس طبيعة الكون ، لأن ذلك من جهة يسمو بنا فوق كل وضيع ولأنه من جهة أخرى يحرر الروح ويكسبها الشجاعة والرفعة اللتين تلزمان لها وقت الحاجة

« سنكا »

نريد أن نستكشف طبيعة المادة وطبيعة الفضاء أيضاً . فلنفكر إذن في مختلف أنواع المادة الشائعة المتداولة . لقد اهتدى الأقدمون بتفكيرهم إلى العناصر الأربعة ، النار والهواء والتراب والماء . ولكن هذه الأشياء في الحقيقة معقدة . فلنوجه تفكيرنا إلى جهة أخرى

لنبحث في أن المادة قد تكون صلبة وقد تكون سائلة وقد تكون غازية ، فذلك التقسيم ميسور لأنه يدل على الصيغ المعروفة عن المادة . وكل ما يحتاج إليه في هذا الصدد ينحصر في تغيير درجة الحرارة فتتغير المادة من صيغة لأخرى أو من حالة لأخرى . فمثلاً لكي نحيل الماء ثلجاً أو بخاراً ، أو لكي نحيل الهواء هواء مسالاً أو جامداً ، أو لكي نصهر الحديد ونحيله بخاراً فالأمر كله يتوقف على الحرارة . فأي أحوال المادة هذه يكون أسهل في البحث والدرس ، أو بعبارة أخرى أي هذه الأحوال يستطيع أن يصل إلى حل لغز طبيعة المادة ؟ الظاهر أن الغاز خير ما يستطيع ذلك ، لأن للغازات على الرغم من أنها لا ترى في العادة ، وعلى الرغم من عدم سهولة فحصها تمتاز بأنها أقل أنواع المادة امتلاء واندماجاً . فلتر الماء إذا استحال بخاراً بلغ حجمه ١٦٧٢ لتراً ، ثم إن الجسيمات الدقيقة يسهل فحصها كما قل عددها

ولقد كان فن خزن الغازات وقياسها مستعصياً على الفهم ، ولكن قد مضى الآن ما يقرب من ثلثمائة عام على الخطى الأولى التي خطاها في هذا الصدد روبرت بويل Robert Boyle بعد أن نجا من القبض عليه في الحرب الأهلية لأنه كان من الحزب الملكي بانجلترا ، فقد ذهب إلى الريف حيث انصرف إلى تجاربه وتداريبه ، فوضع أساس معلوماتنا عن الغازات في الجملة ، وساعده في ذلك أحد أبناء وطنه واسمه شارلز Charles صاحب فكرة المناطيد ذوات الهواء الساخن التي كان لها أثرها أيام الثورة الفرنسية . ولكن صاحبينا هذين ما استطاعا أن يذكرا ما إذا كانت الغازات متألفة من جسيمات منفصلة أو ما إذا كانت مادة منتظمة غير مجزأة

ومنتشرة برقة متناهية . هذه المسألة القديمة لم تكن وقتذاك قد حلت . فمن بين الأغريق ظهر كثيرون من أمثال أنكساجوراس Anaxagoras وهو معلم سقراط ، وقالوا إن نقطة الماء يمكن أن تتجزأ جزءاً بعد آخر ، وهكذا إلى ما لا نهاية . وظهر آخرون أشهرهم ديمقريطس Democritus ممن كانوا يقولون بوجود جزء نهائي للماء أو أية مادة أخرى لا يمكن أن يتجزأ وهو الجوهر الفرد . ولكن درس الغازات قد مكننا من التثبت من صحة النظرية الثانية التي قال بها ديمقريطس ، وهي النظرية الذرية القائلة إن لكل مادة جزءاً نهائيًّا إذا انقسم كانت النتيجة مادة أخرى مخالفة

وأدخلت كلمة « ذرة » وصارت تطلق على هذه الأجزاء الصغيرة التي لم يكن يُعرف عن طبيعتها شيء يرتاح إليه . ولا بد لكل جديد من اسم جديد . ونحن نحسن صنعاً إذا عرّفنا بعض هذه المسميات . فهناك جسيمات من الكهربائية . وهذه لن نسميها ذرات بل سنسميها « بروتونات » و« إلكترونات» وسنتكلم عنها فيما بعد . وهناك نوعان من جسيمات المادة . فأما التي لا تتجزأ إلى أبسط وأخف من نفسها فهي «عناصر» وأما التي تتجزأ فهي «مركبات » فمثلاً يمكن أن ينقسم الماء إلى غازين هما الايدروجين والاكسيجين ، ويمكن أن ينقسم السكر إلى نفس هذين الغازين مضافاً إليهما الكربون ، بينما الحديد والرصاص والزاج والراديوم لا يمكن أن تتحول بأي الوسائل الصناعية إلى مواد أخرى أبسط منها . ويسمى أصغر أجزاء العنصر « ذرة » وأصغر أجزاء المركب « جزيئاً » . وواضح أن الجزيء شيء أكبر من الذرة لأنه يمكن أن ينقسم إلى ذرات ، ولكنه ليس أكبر منها كثيراً . وقد أثبت الكيميائيون أن لجزيء الماء ثلاث ذرات داخلة فيه ، ولجزيء ملح الطعام اثنتين ، ولجزيء سكر القصب خمساً وأربعين ذرة ولجزيء المركبات المعقدة أكثر من ذلك عدداً . فالجزيء أكبر من الذرة ولكنه لا يختلف عنها كثيراً وسنتناول الذرة أولاً بالبحث لبساطتها

إن أنواع الذرات أقل عدداً من أنواع الجزيئات ، إذ يوجد من الذرات تسعون ذرة مختلفة استكشفها العلماء ودلت الأبحاث على وجود اثنتين أخريين . أما الجزيئات فقد عرف منها عشرات الألوف ولا يزال يستكشف الجديد منها الفينة بعد الفينة . ويصح أن نشبه تكوين الجزيئات غير العضوية من الذرات بتكوين الكلمات من الحروف مع فرقين اثنين : أولهما أن عدد الكلمات كبير ، لأن نفس الحروف قد تعطي أكثر من كلمة إذا تغير ترتيب وضعها فمثلاً من الحرفين م ن يمكن أن أصوغ الكلمتين « من» و « نم » ولكن ذرة واحدة من الاكسيجين قد تتحد بأخرى من الكربون فينشأ الغاز السام أول أكسيد الكربون ولا شيء سواه. وثانيهما أننا قد نخترع كلمة بوصل حرفين بعضهما ببعض ، ولكن يستحيل أن نصل

ذرة إيدروجين بذرة أكسيجين فيتحدا معاً — بل لـكي يحدث الاتحاد بين هذين الغازين وتكون نتيجة هذا الاتحاد تكوين الماء لا بدّ من وجود ذرتين من الايدروجين وذرة واحدة من الأكسيجين . وتختلف العناصر كثيراً جداً في السهولة التي بها يمكن وصلها بعضها ببعض وبعضها كالهليوم مثلاً يأبى الاتحاد بتاتاً وبعضها كالـكربون والايدروجين والأكسيجين مثلاً على استعداد للاتحاد على نطاق واسع اضطر علماء الـكيمياء إلى أن يفردوا لهذه المركبات قسماً خاصاً سموه « الـكيمياء العضوية »

والذرات التسعون المختلفة متناهية كلها في الصغر بحيث لا تراها العين ولا المجهر . وأكبرها ذرة عنصر السيزيوم Caesium ويبلغ قطرها جزءاً من مائتي مليون جزء من البوصة . وأصغرها ذرة الأيدروجين ويبلغ قطرها ربع هذا القدر . وفي المواد العادية تـكون الذرات متلاصقة ومندمجة بحيث يشغل العدد الـكبير منها حيزاً صغيراً جداً . فيوجد في رأس الدبوس مثلاً من الذرات بقدر عدد جالونات الماء الموجود في جميع بحـار العالم . ولو أنك أعطيت من رأس الدبوس مليون ذرة لـكل إنسان في هذه الدنيا ما نفدت رأس الدبوس ، بل قد يخيل إليك أنك لم تنقصها شيئاً . والواقع أنك تستطيع أن تعاود الهبة خمسين ألف مرة قبل أن تنفد رأس الدبوس

ولـكن كيف أمكن قياس شيء صغير كالذرة ؟ توجد لذلك طرق كثيرة ليس هذا مكان ذكرها بالتفصيل . وإحدى هذه الطرق مبنية على تجربة أجراها لورد رالي Rayleigh لايجاد مقدار سطح الماء الممكن تغطيته بنقطة زيت . وأخرى عن طريق قياس سرعة سريان غاز خلال أنبوبة ضيقة ، وهذه الطريقة تعطينا حجم الذرات إذ كلما كبرت الذرات زاد اعتراض بعضها سبيل البعض الآخر وأبطأ سريان الغاز في الأنبوبة . وثالثة خاصة بقياس زرقة السماء ، لأن هذه أيضاً تتوقف على عدد جسيمات الهواء الدقيقة وعلى حجمها

أضف لذلك أن هذه الذرات لا يمكن أن تستقر أبداً ، وهذه حقيقة هامة لا بدّ من الاشارة اليها . وحتى في المادة الصلبة التي تبدو ميتة عديمة الحركة ترقص الذرات باستمرار ولا يمكن أبداً أن يقر لها قرار . ولقد وصل كبار العلماء الفزيقيين إلى جعل هذا الرقص يبطىء كثيراً جداً ، ولـكنهم لم يصلوا إلى إيقافه . وذلك لأن هذه الحركة ما هي إلا الحرارة التي نعرفها . ومن المعلوم أن المادة وهي في أصغر درجة حرارة ممـكنة لا تزال تحتوي على بعض الحرارة . ففي قطعة الثلج مثلاً يوجد مقدار عظيم من الحرارة ، وكثيراً ما نرى في المعامل كيف يغلي الهواء المسال . وحرارة الثلج لا تظهر عادةً لأن الحرارة لا يمكن أن تخرج من الجسم إلاّ إذا وجد بجواره جسم آخر أبرد منهُ أي أقل درجة حرارة عنهُ . وتلك بعينها هي قاعدة سريان الحرارة من الأجسام العادية . فحرارة النار مدركة بسبب برودة ما يحيط بها من

الأجسام ، وما كان لنا نحن أن نحس بالحرارة الصادرة من أشد الأمكنة المروفة (أو المتخيلة) حرارة لو أننا كنا في درجة حرارة تماثل درجة هذه المصادر : وما الحرارة إلا حركة سريعة جداً للذرات أو الجزيئات ، وكلما كانت الحركة أسرع كان الجسم أشد حرارة. وفي النار العادية توجد حركة جزيئية كبيرة ، تنتقل إلى ذرات المحرك الموضوع في النار، حتى إذا ما لمسناه زادت بسرعة حركة جزيئات أصابعنا وشعرنا بالحرارة . وفي الجسم الصلب تكون الذرات متراصة مترابطة فلا تستطيع هذه الحركة نقلها من أماكنها بشكل محسوس . أما في السائل ، وفي الغاز أيضاً بشكل أظهر ، تكون الذرات أكثر حرية في التنقل . وهواء الحجرة التي لا تيارات فيها مملوء بهذه الحركة كذلك . والسرعة التي تسير بها جزيئاته مدهشة . فاذا كانت درجة حرارة الهواء ٦٠° على مقياس فهرنهيت (١٦° على الترمومتر المئوي تقريباً) كانت السرعة المتوسطة للجزيئات ٥٤٠ ياردة في الثانية . وجزيئات النتروجين أسرع قليلاً من جزيئات الأكسيجين لأنها أخف . فاذا ما هبطت درجة الحرارة إلى نقطة التجمد هبطت السرعة إلى أقل قليلاً من ٥٣٠ ياردة في الثانية ، ومن ذلك يتضح أن درجة الحرارة لا بد أن تهبط كثيراً إذا هدأت هذه الحركة . وعلى الرغم من ارتفاع سرعة جزيئات الهواء فان هذه الجزيئات لا يمكن أن تقطع أية مسافة كبيرة لأنها كثيراً ما تتصادم بعضها مع بعض

وقد ساعدت هذه الحركة كل المساعدة في عملية عد الذرات . فالذرات نفسها صغيرة جداً لا ترى حتى بأقوى مجهر (ميكروسكوب) ، فلا يمكن أن نتوقع رؤية حركتها مباشرة . فأصغر جسم استطاع الميكروسكوب كشفه هو ما بلغ عرضه جزءاً من مائة ألف جزء من البوصة ، وهذا القدر يسع ألف مليون ذرة . فاذا طفا جسم له هذا الحجم فوق سائل فلا بدّ أن يرتطم من كل جانب بتلك الذرات المتحركة حوله فلا يمكن أن يظل ساكناً . وقد لا يستطيع جسم كبير أن يتحرك حركة محسوسة من جراء هذا النظام وذلك لثقله ، ولكن الجسيم الصغير لا بدّ أن يتحرك ببطء . وتحدث هذه الحركة باستمرار طالما وجدت جسيمات صغيرة صلبة معلقة في سائل ، ويكون منظرها خلاباً إذا أنت نظرت إليها بالميكروسكوب وهي كذلك . وقد سميت بالحركة البراونية نسبة إلى العالم النباتي براون Brown الذي كان أول من لاحظ ذلك منذ مائة سنة . ثم بحث المسألة من جديد الأستاذ بيرن Perrin بحثاً دقيقاً جداً مستعملاً جسيمات دقيقة من دهان الكمبوج العادي (صبغ النفط) طافية فوق سطح الماء الراكد . ومن مدى الحركة الاهتزازية لكل جسيم استطاع أن يحسب عدد الصدمات الذرية التي تعرضت هذه الجسيمات لها بسبب جزيئات الماء المحيطة بها ، ومن ثمّ استطاع أن يوجد عدد الجزيئات

على أن أعداد الذرات وأوزانها لم يعملا إلاّ قليلاً في سبيل تفسير طبيعة المادة ، غير أن

هذا هو كل ما كان قد عرف عنها عند نهاية القرن التاسع عشر . ولم نستطع فهم السبب الذي من أجله تكون مادة ما أصلب أو أمتن من أخرى إلاّ بعد أن خطونا إلى الأمام خطوة أخرى ، وعرفنا كيف تبنى هذه الذرات وتحزم فتتماسك معاً . فاذا فرضنا أن الذرات كرات صغيرة صلبة كالكرات الرخامية صعب علينا في الواقع أن ندرك السبب في أن جميع البلورات غير متساوية في الصلابة وغير متشابهة في الشكل . وتجيء بعد ذلك مشكلة ألوان الأجسام ولماذا لا تكون كلها واحدة ، فمشكلة النجوم وكيف استطاعت أن تبعث لنا بضوئها وهي في هذه الأبعاد السحيقة . أمثال هذه المسائل المتواضعة والصعبة معاً قد أجابت عنها كشوف الثلاثين سنة الأخيرة ، وكان ذلك بمثابة الثمار الأولى لنهضة علمية لا زلنا في مجانبها سادرين وظهر في الوجود من ثمّ علم جديد ، هو علم الفيزيقا الذرية العملي والنظري ، وهو ابتكار حديث وكشف عظيم وصل اليه عقل الانسان ، وفتح جديد له انتصر بهِ على ما حوله

وتبدأ قصة ذلك باستكشاف سير ج . ج . طمسن J. J. Thomson لجسيم الكهربائية السالبة سنة ١٨٩٧ . وهو لم يكن يجري تجاربه على الذرات مباشرةً بل كان غرضه الوصول إلى معرفة طريقة سريان التيار الكهربائي . واستمرَّ يجرب في الغازات لهذا الغرض على الرغم مما كان معروفاً من أن الكهربائية تبدو كأنها تسري خلال الغازات بشكل أكثر تعقيداً منهُ خلال الأجسام الصلبة ويستدلون على ذلك بمثل شهير وهو الفرق بين مظهر وميض البرق ووميض أضواء الشمال (الفجر الكاذب) ، إذ أنهما كليهما حالتان لسريان الكهربائية خلال الغازات . وحينما يفرغ الغاز من بصلة زجاجية تفريغاً شديداً يصبح التيار الكهربائي الذي يسري داخلها منظوراً ، ويبدو للعين كأن سيلاً ينهمر في البصلة من أحد طرفيها وينشر فوق جدرانها نوراً أصفر مخضرّاً ، وإذا ما اعترض هذا السيل جسمٌ ما ظهر له ظل — الأمر الذي يدل على أن هذا السيل المضيء يسير في خطوط مستقيمة . ويبدو هذا السيل وكأن له ضغطاً شديداً فكأنما هو متألف من شيء مادي ، وسبب ذلك أنهُ لما وجه في أنبوبة سير وليم كروكس Sir W. Crookes إلى عجلة خفيفة من الميكا دارت العجلة على الفور متحركة فوق قضيبين . وفي الحقيقة إن العجلة لم يدرها السيل لما له من كتلة وسرعة فقط ولكنها تسخن بسببه أيضاً فتدور كعجلات الراديومتر الصغيرة التي نراها في نوافذ صانع الآلات البصرية دائرة في ضوء الشمس

ولهذا السيل صفتان أخريان من الأهمية بمكان : الأولى أنهُ يبدو كأنما هو يسير في غير الاتجاه الصحيح ، وذلك لأنهُ بدلاً من أن يسير من القطب الموجب إلى القطب السالب كما هو المفهوم من الحمل الكهربائي نراه يسير في الاتجاه المخالف ، ولذا سمي بالسيل المهبطي أو

أشعة المهبط الذي هو القطب السالب . والثانية أن مجرى هذا السيل ينحرف إذا اقترب من الأنبوبة مغناطيس أو شحنة كهربائية، وهذا يدل على أن السيل المهبطي نفسه هو التيار الكهربائي وقد كان غرض سير جوزيف طمسن من تجاربه في هذا الصدد أن يقيس مقدار تأثير القضبان المغناطيسية في التيارات بشكل مباشر ، وأن يثبت أنه ما كان يصل إلى ما وصل إليه من النتائج لو ان هذا السيل كان متواصلاً . أما إذا كان متألفاً من جسيمات دقيقة من الكهربائية السالبة أمكن على الفور الوصول إلى فهمه وتفسيره . وقد أمكن أيضاً إيجاد وزن الجسيمات وكذلك سرعتها حسابيًّا من الأقيسة التي أجريت . والتجربة في حد ذاتها بسيطة نسبيًّا ، وصار الآن طالب العلوم يجربها في معمله لأنها تدخل ضمن منهاجه العملي في الكلية

ذلك كان استكشاف « الالكترون » وهو الجسيم السالب . والالكترون خفيف الوزن جدًّا لأنه أخف من أخف ذرات المادة ، وهي ذرة الايدروجين ، ألف وسبعمائة مرة . وتلك حقيقة فذّة تطالعنا بها تجاريبنا في الطبيعة . ومن الغريب أن الطبيعة في تغيراتها الكثيرة سواء كانت مادتها تذوب أو تموت ، أو كانت تحترق أو تتجمد ، أو كانت تصدأ وتضمحل ، لم يعرف عنها يوماً أنها استطاعت إبادة أقل جسيمات المادة أو خلقها من جديد . ولقد وزن الكيميائيون بموازينهم البالغة غاية الحساسية ، المواد خلال ما يقع لها من التغيرات الكثيرة فما وجدوا قط تغيراً في الوزن . فاذا احترقت شمعة مثلاً فإن كل جزء من مادتها يمكن أن يعثر عليه في الهواء على صيغة غاز . أما الالكترون فيستطيع عمليًّا أن يغير وزنه — ويستطيع ذلك بكل بساطة إذا هو زاد من سرعته . وهذا بلا شك حدث عظيم وتغير كبير في قوانين الطبيعة وسنعود إلى مناقشة ذلك فيما بعد عند الكلام على النسبية في الفصل الثاني عشر . ولن يظهر هذا التغير إلاّ في حالة السرعات الكبيرة جدًّا . وهذه يمكن أن تصل إليها الالكترونات بسهولة نظراً لخفتها المتناهية ، إذ من السهل أن نكسبها في أنبوبة الفراغ العادية سرعة تبلغ عشرة آلاف ميل في الثانية ، بل قد وجدت إلكترونات تسير بسرعة تزيد عن عشرة أمثال هذه السرعة. فليس مدهشاً من ثمّ إذا نحن قلنا بوجوب تنقيح القوانين المادية إذا هي طبقت على المادة المتحركة بسرعات عظيمة تقرب من سرعة الضوء . وقد اقترح كروكس أن يسمى السيل المهبطي الحالة الرابعة للمادة لأنه ليس صلباً ولا سائلاً ولا غازاً . وله بعض الحق في هذه التسمية . وسنرى بعد أن جسيمات الكهربائية هذه هي في الحقيقة جسيمات المادة أيضاً وإن تكن أصغر كثيراً من الذرات

وليس من السهل تقرير حجم الالكترون ، أما وزنه فقد وجد أن جميع الالكترونات ذات وزن واحد حينما تتساوى سرعاتها . وأما شحناتها الكهربائية فمتساوية دائماً . والثابت أنه

لا يوجد إلاّ نوع واحد من الالكترونات ، ونستطيع تقدير حجمه عن طريق نظرية الوزن الكهربائي ، أو الكتلة الكهربائية بالأحرى ، وهذه تتضمن نقطاً عويصة جداً ليس هذا مكان شرحها . وقد وجد الفيزيقيون من الأسباب المعقولة ما يبرر افتراض أن كتلة الالكترون تنجم عن شحنته الكهربائية ، وأنه ليس سوى كرة صغيرة من الكهربائية قطرها يساوي جزءاً من عشرة بلايين جزء من البوصة . وهذا أصغر من قطر ذرة المادة عشرة آلاف مرة

على أن استكشاف أن الكهربائية السالبة تتألف من جسيمات جعل من المحتمل كثيراً أن توجد جسيمات أخرى مشابهة ذات كهربائية موجبة . وكان بنيامين فرانكلن Franklin أول من أشار إلى وجود نوعين من الكهربائية ، وإلى أنه يمكن إيجاد هذين النوعين بسهولة وبكميات قليلة .فاذا دلكت قلمك الأبنوس بقطعة من الصوف فانه يشحن على الفور بالكهربائية السالبة . وحينما تدلك ساقاً من الزجاج الجاف بالحرير فانهُ يشحن بالكهربائية الموجبة . وفي كلتا الحالتين يمكن تبين وجود الشحنتين عن طريق انجذاب قطع صغيرة من الورق أو القش إلى السطح المشحون والتصاقها به بسهولة . ومن الخواص المميزة لهاتين الشحنتين أن السالبة والموجبة منهما تتجاذبان، فاذا ماتلامستا تعادلتا تماماً . ومعنى ذلك أنهُ إذا شحن القلم الأبنوس بعشر وحدات من الكهربائية السالبة عند دلكه ، ثم أضيف إليهِ عشر وحدات من الكهربائية الموجبة فلن يكون القلم مكهرباً . ومن المهم أن نعلم أن قطعة الخشب أو الحديد قد تحتوي على قدر كبير من الكهربائية ومع ذلك لا تكون مكهربة ، لأنهُ إذا وجد مقداران متساويان من نوعي الكهربائية في الخشبة فلا يمكن إدراكهما . وسنشرح عند الكلام على الذرة وبنائها كيف أن كل قطعة من المادة في الكون تحتوي بالفعل على مقدارين متساويين من الكهربائية الموجبة والسالبة — ولا شيء غير ذلك . أي أن المادة تتألف من الكهربائية

ولقد نجح البحث عن جسيمات الكهربائية الموجبة فأثبت وجودها بالفعل ، ولقد سمى العلماء الجسيم منها « بروتون » والبروتونات أثقل بكثير من الالكترونات ، ومن ثمَّ كان إيجاد سيل منها تكفي سرعته لتبينه أصعب كثيراً من إيجاد سيل من الالكترونات . وكان الأستاذ فين Wien في ميونخ وسير ج.ج. طمسن في كمبردج أول عالمين توصلا لذلك ، وقد وجدا أنهُ إذا صدم سيل سريع من البروتونات لوحة فوتوغرافية فان علامة سوداء تظهر فوق اللوحة عند تكشفها ، وهذا السيل ينحرف أيضاً إذا ما اقترب منهُ مغناطيس قوي ، ويكون الانحراف أقل منهُ في حالة سيل الالكترونات . وبقياس هذا الانحراف أمكن حساب سرعة الجسيمات الموجبة وكذا وزنها وقد ثبت أن الكهربائية الموجبة لا يمكن أن تتألف من مادة منتظمة متواصلة بل لابد أن تنقسم إلى جسيمات منفصلة . ويكاد وزن البروتون يساوي وزن الذرة الايدروجينية

أي أنهُ أثقل من الالكترون ١٨٥٠ مرة ويتألف من مقدار من الكهربائية يعادل ويضاد مقدار كهربائية الالكترون بالضبط، وعلى ذلك يمكن أن يتعادل البروتون تماماً مع الالكترون أما عن حجم كل منهما فلا نستطيع أن نتكلم بهذه الدقة والبساطة . وتبدو البروتونات كأنها أصغر حجماً من الالكترونات (على الرغم من أنها أكبر وزناً) وذلك لأن سير إرنست رذرفورد Sir Ernest Rutherford استطاع أن يجعل اثنين منها يتقاربان أكثر من تقارب إلكترونين ، فكان حيز البروتونين أصغر من حيز الالكترونين . والواقع أن البروتونات من الصغر بحيث يمكن وضع عشرين ألف بليون واحد منها جنباً لجنب على خط مستقيم في فراغ عرضه بوصة واحدة . وبناء على هذا التقدير يكون البروتون أصغر من الالكترون ١٨٠٠ مرة ، وأصغر من أصغر ذرة مليون مرة وهذا من حيث الحجم . والمدهش مع ذلك أن البروتون يكاد يساوي هذه الذرة وزناً ! !

يتضح مما مضى أن الالكترون والبروتون هما أبسط الأشياء التي كشفت حتى الآن في الطبيعة . وحينما حصل الكيماوي جون دالتن John Dalton في أول الأمر على براهين جلية على وجود الذرات ، وكان ذلك منذ مائة سنة ، قال إن الذرات أبسط الأشياء في الوجود. وبعد ذلك جاء كلارك مكسويل Clerk Maxwell وهو من كبار علماء الفيزيقا في زمانه ، ووصف الذرات وصفاً جميلاً قال «إنها حجارة الكون الأساسية» وها نحن قد رأينا أنها ليست أساسية ولا بسيطة كما تبدو ، لأنها هي أيضاً تتألف من جسيمات أصغر منها ، هي البروتونات والالكترونات وقد تخطو الفيزيقا خطوة أخرى إلى الأمام في يوم لعله أن يكون قريباً فتستكشف كيف بنيت هذه البروتونات والالكترونات. وعند الكلام على نظريات بناء الذرة سنعلم شيئاً عن المجهود الجديد في هذا السبيل . ولنكتف مؤقتاً باعتبار أن جسيمات الكهربائية هذه هي حجارة البناء المكونة لأنواع المادة المعروفة جميعها

الفصل الثاني

الموجات الأثيرية

يتحتم على الفيلسوف أن يصغي لكل اقتراح ثم يحكم فيه بنفسه ، وعليه ألا تخدعه الظواهر ، وألا يتمسك بعرض دون آخر ، وألا ينتسب لأية مدرسة وألا يكون له على عقيدته سلطان غير نفسه يجب عليه ألا يكون من عباد الأشخاص ، بل يكون عبد مذهبه وسجين عقيدته وأن يكون الحق أول أغراضه . فاذا أضاف الى هذه الصفات الجد في العمل كان له أن يتطلع الى الوصول الى ما وراء الحجب في معبد الطبيعة

« فراداي »

قد يبدو غريباً القول بأن خواص الفضاء الفارغ الخلاء لا تقل أهمية عن خواص الأشياء المادية . والحق انك لا تستطيع البتة أن تتدرب على الفضاء الفارغ، لأن «الطبيعة تكره الفراغ» كما كان يقول قدماء العلميين ويقصدون طبيعة عالمنا هذا . فحيثما لا توجد مادة صلبة أو سائلة يوجد الغاز على الأقل ، فلا يوجد إذن في عالمنا فضاء فارغ . وحقيقي إن أحداً لم ينجح في إحداث الفراغ بقطع النظر عن فراغ تورشيلي ، وأن الأفضية العظيمة الخالية حقيقة من المادة إنما هي تلك الاتساعات السماوية العظيمة . لقد خلصت هذه الاتساعات إلى حد كبير من المادة بسبب قوة الجاذبية الخفية — رغم كشوف أينشتين — التي تجعل أجزاء المادة تتقارب بعضها من بعض لتكون كتلاً عظيمة كالنجوم وكالأرض وأخواتها الكواكب السيارة . هذه الأفضية العظيمة الفارغة ذات أهمية عظمى ، لأن ضوء الشمس مثلاً يصل إلينا عبر واحد منها . ولقد جهد الأقدمون منذ مئات السنين في درس خواص الفضاء الفارغ وذلك بتفريغهم في المعامل بعض الأواني تفريغاً تامًّا . وبدأ التفريغ بظهور مفرغات الهواء الأولى التي اخترعها أوتو فون جيريك Otto von Guericke وروبرت بويل ، ثم بدأوا يدرسون خواص الفراغ وما زالوا يدرسونه إلى وقتنا هذا . وآخر ما وصل إليه المخترعون من مفرغات الهواء تلك المضخات العظيمة القوية التي اخترعها جيد Gaede في ألمانيا ولانجميور Langmuir في أميركا ، وبها أمكن تفريغ هواء أي إناء إلى جزء من بليون جزء من عدد ذراته الأصلية . وجرت العادة أن يحسب الضغط الواقع من الذرات على جدران الاناء ، بدلاً من إيجاد عدد الذرات ، إذ أن

المقدارين يتناسبان معاً . فالضغط في الهواء الطلق أو في أي إناء مفتوح ، كما يدل عليه البارومتر يساوي حوالي جزء من ألف من المليار[١] ، وهذا أقل من الضغط الذي يساوي جزءاً من ألف جزء من المليمتر على البارومتر الزئبقي . وكان العلميون منذ مائة سنة يعدون أنفسهم سعداء لو كانت مضخاتهم استطاعت أن تفرغ آنية إلى أن يصير الضغط داخلها مليار واحد . أما اليوم فقد أصبح من السهل التفريغ إلى جزء من ألف جزء من هذا المقدار ، ونجد هذا التفريغ في أي مصباح كهربائي عادي . والضغط في المصباح العادي (لا المصباح الذي من النوع المتلىء الآن بالغاز) يساوي جزءاً من ألف من المليار . ونستطيع أن نذهب إلى أبعد من ذلك إذا استعملنا في المعامل أجهزة أخرى دقيقة ، وما كان يصدق أن يصلوا إلى إحداث فراغ أخلى من الأخير عشرة آلاف مرة . ففي سنة ١٩٢٧ استطاعت الدكتورة ماري شيرمن Marie Schirmann ، وهي من علماء الفزيقا الألمان ، أن تحصل على فراغ ضغطه يساوي جزءاً من عشرة آلاف بليون جزء من المليار . فكان هذا أقصى ما وصل إليه العلماء في التفريغ

ومن الصعب جداً أن نحكم سد آنية بعد تفريغ جوفها إلى هذا القدر ، وستمضي سنون قبل أن يستطيع أي مشتغل بالعلوم أن يحدث مثل هذا الفراغ إذ أن الوصول إليه يستلزم أوفر قسط من الصبر والمثابرة

بيد أنهُ مع ذلك لا يزال يوجد مقدار كبير من المادة في أخلى فراغ حصلوا عليه . فقد تتخلف ذرة من كل مليون ذرة ، أو حتى من كل بليون ذرة ، فاذا بالمتخلف الباقي بعد ذلك لا يزال كبيراً ، وكبيراً جداً . فمثلاً يوجد حوالي خمسمائة بليون جزيء في بصلة المصباح الكهربائي العادي ، فاذا استخدمنا أقوى المضخات المفرغة المعروفة لسحب هذه الجزيئات فلابدّ أن يبقى منها بضعة ملايين لا يمكن استخلاصها . ولا يمكن إظهار أهمية هذه الأشياء الصغيرة بأكثر من أن نقول إن ما يبذل في المعامل الطبيعية من مال ووقت ومجهود للحصول على أمثال هذا الفراغ لدرس خواص المادة والفضاء شيء كثير مسرف فيه

وهناك نوع من الفراغ قد تستخلصه لنفسك من الفصل الماضي . ذلك أن الذرة أكبر كثيراً من الالكترون أو البروتون مع أنها لا تحتوي على غير الالكترونات أو البروتونات . وإذن فلا بد من وجود أفضية فارغة بين هذه الجسيمات الدقيقة في داخل الذرة . وعدا هذا فالذرات نفسها ليست مزدحمة التعبئة في الغازات العادية ، وإذن فلا بدّ من وجود أفضية فارغة من الذرات . ففي القدم المكعب الواحد من البخار مثلاً يكون الحجم الكلي للجزيئات مساوياً

(١) البار وحدة الضغوط المستعملة في المتيورولوجيا أي علم الظواهر الجوية ، وهو يساوي الضغط الواقع من مليون داين dyne على السنتمتر المربع

نصف بوصة مكعبة فقط ، ولا يوجد شيء البتة في الأفضية الكائنة بينها . وقد يعترض معترض بأن ذلك يخالف ما قلناه سابقاً بخصوص قوة الجاذبية التي تجذب أجزاء المادة كلها أو بعضها، ولكن من يعترض هذا الاعتراض يتغاضى عن حركة الذرات . إنها في الحقيقة تتباعد عن بعضها وتتقارب ، ولولا حركتها السريعة بسبب حرارتها لشغلت حيزاً أقل من ذلك كثيراً جداً . وقد يمكن لجمهور من المسافرين الوادعين الهادئين أن يوجدوا في إحدى عربات السكة الحديدية ويشغلوا منها فضاء أقل مما يشغله مثل عددهم من صبية المدارس الذين لا تهدأ لهم حركة ولا يقر لهم قرار ، بين عدْو وقفز وصدم ودفع . فاذا أخذت من الجزيئات حرارتها قلت حركتها وسال الغاز ، فاذا تجمدت شغلت الذرات في الحقيقة والواقع أقل حيز ممكن يسمح به شكلها

فما هي التأثيرات الممكن إحداثها في تلك الأفضية الموجودة داخل الذرة ؟ وهل يمكن أن تحدث مثل هذه التأثيرات في الأفضية الشاسعة الكائنة بين النجوم ؟ فأما عن التأثيرات الصوتية فلا يمكن أن توجد في الفراغ لأن الصوت حركة في الهواء . إنهُ حركة مطردة لجزيئات الهواء أضيفت إلى حركة حرارية غير مطردة . وأما التأثيرات الضوئية والحرارية فمن السهل عليهما أن يمرا خلال الفضاء الفارغ لأنهما يجيئان لنا من الشمس والنجوم . ومن السهل أن نثبت أيضاً أن القوى المغناطيسية والكهربائية يمكنها أن تسير خلال الفراغ . فاذا وضع مغناطيس داخل إناء مفرغ فان قوته الجاذبة لا تنقص شيئاً البتة . وسنرى فيما بعد أن الضوء والحرارة نفسيهما قوتان كهرطيسيتان. فيحسن بنا إذن أن نعرف شيئاً عن أبسط صيغة للقوى الكهرطيسية فكيف تنبعث قوة المغناطيس ؟ نحن ضريون بالطريقة التي يستطيع بها مغناطيس أن يجذب إليه قطعة من الحديد ، فهل نستطيع أن نبسط هذا ونتوسع فيهِ حتى يصور الفضاء المحيط بالمغناطيس بأنهُ يشتمل على سبب هذه القوة الجاذبة حتى في حالة عدم وجود قطعة الحديد ؟ لقد استكشف أمير المجربين العالم العبقري ميخاييل فرداي خير طريقة لتصوير تأثير المغناطيس . فسواء كان المغناطيس محاطاً بهواء أو بخشب أو بفضاء فارغ فان التأثير الناجم عن وجوده هو إحداث تغيير في الفضاء المحيط بهِ . إن هذا الفضاء ينفعل فيلتوي بشكل ما حتى إذا ما وجدت فيهِ قطعة خضعت لقوة جاذبة . وكذلك يكون تأثير الشحنة الكهربائية . فاذا نحن دلكنا القلم الأبنوس بتمريره فوق ردن معطفنا الصوفي تغير الفضاء المحيط بالقلم وانفعل . وقد يكون أثر ذلك غير مدرك إذا كبرت المسافة قليلاً ، ولكنهُ موجود حتماً وإنما بمقدار طفيف . والفضاء الفارغ قادر على أن ينفعل انفعالاً مغناطيسياً أو كهربائياً

فهل لنا أن نستنتج أنهُ لا بد من وجود شيء ما في الفضاء الفارغ ؟ قد يكون الجواب سلباً

وقد يكون إيجاباً ، وإنما هناك أمر لا محيص عنهُ : هو قدرة الفضاء الفارغ على أن يحتوي على قوة كهرطيسية . وإذن فلنا أن نقول بوجوب وجود وسط يحمل هذا الانفعال ، وقد يكون هذا الوسط عديم الوزن لا يلمس ، ولكنا لا نستطيع أن نرسم لهُ صورة مادية تمثل شخصيته وهويته . على أننا لن نخرج على العلم الحديث إذا نحن لم نأتِ قبله شيئاً أكثر من أن نسميه « الأثير » وكان من الخطأ أن نفرض أن الأثير نوع من المادة ، فلما تقدمت البحوث الروحية وظهر العلم الروحي الحديث ، واستكشف العلماء الروحيون بشكل عملي تجريبي « العالم الأثيري » وحددوا موضعه في خريطة الكون أمكن القول بأن الأثير مادة والمادة أثير ، وسنزيد ذلك بياناً في الفصل القادم عند الكلام على نظريات بناء الذرة . وكل ما نستطيع قوله هنا هو أن الأثير مقر القوى الروحية psychic ، بل إنهُ يشتمل على مناطق تؤلف في نفسها عالم الروح (١)

نحن الآن أكثر استعداداً لفهم أن الفضاء الفارغ قد يشتمل على قوة مغناطيسية أو كهربائية مطاردة مع ما يقترن بهذه القوة من طاقة ، وإذن فلنسر خطوة أخرى بعد ذلك . لنبحث في القوى الدائبة التغير . فاذا جعل القلم الأبنوس المكهرب يتحرك جيئةً وذهاباً في الهواء فان القوة عند كل نقطة مجاورة تتراوح وتتأرجح تبعاً لقرب القلم منها وبعده عنها . وهذه التراوحات تنتشر خارجيًّا وتتبع حركة القلم . وكل تراوح مطرد متتابع يسمى في المصطلح العلمي « موجة » . ويشمل هذا التعريف موجة الماء في البحار مع أنها تختلف عن الموجة الكهربائية . لأنهُ في حالة الموجة المائية يتحرك الوسط بالفعل — والوسط هنا هو الماء . وهذا الوسط لا يسير إلى الأمام ، ولكن كل جسيم من الماء يتحرك إلى أعلى ثم إلى أسفل . ونحن لا نستطيع أن نقول بتحرك شيء عند انتشار موجة كهربائية ، ولكن كل ما يحدث هو أن القوة الكهربائية عند كل نقطة تقطع دوراً منظماً من التغيرات . وسنتكلم فيما يلي عن طول الموجة وعن قمتها ، ولكنا سنعني بذلك المسافة بين نقطتين تبلغ القوة الكهربائية في كل منهما في لحظة واحدة نهايتها القصوى . فلا يوجد إذن في الأثير شيء اسمهُ « حركة موجية » ولو كان يوجد لكانت تصوراتنا العقلية لهذه العمليات أبسط وأسهل ، لأن تفسير ذلك تفسيراً كاملاً شيء كثير الاستعصاء على الفهم في الواقع ، وليس من حقنا أن نفرض أن بناء الطبيعة قد وضع تصميمهُ بحيث يستطيع العقل البشري تصويرهُ بسهولة وبساطة

ليست الموجات الكهربائية مجرد ابتكار شائق نافع ظهر في السنين الأخيرة ، ولكنها في الحقيقة أمر هام لهُ خطره في حياتنا العادية ، ومن ثمَّ فهي تستحق منا الفحص الدقيق والدرس

(١) اقرأ كتب العلامة ج آرثر فندلاي J. Arthur Findlay في الروحية وهو رئيس المعهد الدولي للبحث الروحي بلندن . وقد نقلنا الى العربية كتابه الشهير «على حافة العالم الأثيري»

العميق المتق به . والأمر الذي تجب معرفته بعد ذلك هو أن الموجة الكهربائية لا بد أن تصحبها موجة مغناطيسية . ولقد استكشف العلماء الصلة بين المغناطيسية والكهربائية ، وترجع المغناطيسية كلها بالاختصار الى الشحنات الكهربائية المتحركة ، فهي سببها وأصل وجودها فمثلاً لا توجد مغناطيسية في القلم الأبنوس المشحون بالكهربائية مادام القلم في حالة سكون (إلا مقادير صغيرة سببها بناء الذرة) ولكنه متى بدأ يتحرك وُجِدت القوة المغناطيسية . ولا خلاف بين حركة الالكترونات في القلم وبين حركتها التي نسميها تياراً كهربائياً في سلك إلا في السرعة . وقد عرف التأثير المغناطيسي للتيار الكهربائي بعد أن استكشفه أورستد سنة ١٨٢١ فحيثما وجدت قوة كهربائية متغيرة وجدت معها قوة مغناطيسية . وسواء كانت القوة الكهربائية ترجع إلى وجود الالكترونات كما في حالة التيار العادي ، أو وجدت هذه القوة في الأثير حيث لا توجد إلكترونات ، فالقوة المغناطيسية توجد ولا بدَّ من وجودها . ومن ثمَّ لا توجد موجة كهربائية خالصة ، أي دون أن تصحبها قوة مغناطيسية ، وعلى ذلك يتحتم علينا تسميتها « موجة كهربائية مغناطيسية » أو « موجة كهرطيسية » لأن هذه التسمية أدق وأوضح . ولا يفوتنا أن نذكر أن هاتين القوتين في كل نقطة اتجاهاً معيناً في كل لحظة . وهما متعامدتان معاً وعموديتان أيضاً على اتجاه الموجة نفسها

والمعروف الآن ثلاثة أنواع من الموجات الكهرطيسية ، وسنناقش فيما بعد بضعة أنواع أخرى . أما الثلاثة المعروفة فهي الموجات الضوئية ، والأشعة السينية (أشعة إكس) ، وتلك الموجات المسماة موجات لاسلكية . وكان كلارك مكسويل أول من استكشف سنة ١٨٦٤ أن الضوء العادي يتألف من قوى كهرطيسية ، ثم جاء بعده هرتز فاستكشف سنة ١٨٨٧ الموجات اللاسلكية . أما إثبات أن أشعة إكس من هذا القبيل أيضاً فقد تمَّ في أوائل القرن الحالي . فكيف تتألف ثلاثة إشعاعات مختلفة الخواص من نفس الموجات ؟ لنبحث أولاً في نقطتين رئيسيتين من نقط الخلاف . الموجات الضوئية منظورة ، أما الأخريان فليستا كذلك ، وهذا الخلاف من خصائص العين ، وعلى ذلك فلا يمكن أن يكون هذا الفرق بين هذه الاشعاعات الثلاثة برهاناً ينقض المشابهة الأساسية بينها

ولكنَّ هناك فرقاً عظيماً آخر بين هذه الأنواع الموجية الثلاثة ، وهو ينحصر في الطريقة التي بها تستطيع كل منها أن تنفذ خلال المادة الصلبة . فالضوء يستطيع أن يخترق بضع مواد كالزجاج ، والموجات اللاسلكية تخترق الخشب والصخور ولكنها لا تنفذ خلال الحديد أو أي فلز آخر ، وأما أشعة إكس فتستطيع أن تخترق أي نوع من المادة لمسافة بضع بوصات على الأقل ويتوقف هذا على ما يسمى بالامتصاص ، وهو فقدان الموجة لطاقتها كلها أو بعضها وتركها المادة

التي تمر خلالها . ونحن نعرف كيف أن الطاقة تتبدد من آلة بخارية مثلاً إلى حد ما عن طريق احتكاك السيور والبكرات التي تستخدم في حمل الطاقة إلى حيث يراد حملها . ونعرف أيضاً عن موجات الصوت أن المسافة التي تقطعها تتوقف على شدة الصوت ، لأن الحركة المنتظمة لجزيئات الهواء تفقد انتظامها بالتدريج بسبب تصادم الجزيئات بعضها ببعض ، ولهذا تتغير الطاقة الصوتية بالتدريج إلى طاقة حرارية . والصوت المنبعث في حجرة ينعدم فلا يسمع بعد بضع دقائق في حين تكون طاقته كلها قد استخدمت في تسخين هواء هذه الحجرة . ولكن كيف تضيع طاقة القوى الكهربائية المتراوحة ؟ ألجواب أنهُ إذا مرت القوة بالكترونات طليقة خفيفة فانها لا بدَّ أن تحرك هذه الالكترونات مستخدمة بعض طاقتها في العملية ، ولهذا السبب ، لا تستطيع الموجة اللاسلكية أن تخترق صفيحة فلزية ، لأن الفلز يحتوي دائماً على إلكترونات كثيرة طليقة أما القوة الكائنة في شعاع إكس فلا تتبدد ولا تضيع بهذه الطريقة ، لأن تراوحات قوة الموجة في هذه الحالة سريعة جدًّا فلا تستطيع أن تحرك إلكتروناً طليقاً زمناً طويلاً ، وبذلك تمضي في سبيلها دون أن تفقد كثيراً من طاقتها . وأما بالنسبة للموجات الثالثة ، وهي موجات الضوء العادي ، فان الجزيئات نفسها والالكترونات المخزونة داخلها تكون أكبر عائق للموجة . توجد إلكترونات في كل ذرة وفي كل جزيء ، وهذه تظل في مكانها تبقيها فيه قوى تمنع حركتها الحرة ولكنها تسمح ببعض اهتزازات . ويصح تشبيهها بالخرز المنظوم في خيط مشدود ، إذ أن الخرز يستطيع أن يتحرك ويتذبذب من جانب لجانب وتزداد سرعته كلما كان الخيط مشدوداً . وكذلك ذرَّات المواد المختلفة تمسك بالكتروناتها بدرجات تتفاوت شدةً وضبطاً ، وتسمح لها أن تتحرك في هزات تختلف درجاتها . وإذا حدث أن استطاعت بعض الالكترونات أن تتذبذب بمعدل مليون مرة في الثانية ، وحدث أيضاً أن مرت بها موجة تتذبذب قوتها الكهربائية بنفس المعدل ، فان الالكترونات ترغم على الاستجابة فتهتز هي نفسها متوافقة معها . إنها لن تتأثر بتغيرات قدرها ألف ذبذبة أو عشرة ملايين ذبذبة مثلاً في الثانية ، ولكنها لا بدَّ أن تستجيب للموجة التي تضاهيها في الاهتزاز والزمن

وهذا هو السبب في أن قطعة الخشب حاجبة أي لا تنفذ الضوء . وذلك لأنهُ توجد إلكترونات وذرَّات في الخشب تستطيع أن تهتز كاهتزاز موجة الضوء . فاذا أرادت موجة ضوئية أن تمر خلال الخشب فقدت بسرعة طاقتها وأخفقت في اختراقه إلاَّ إذا كان الخشب رقيقاً وكان الضوء قويًّا جدًّا . وأما بالنسبة للموجات اللاسلكية أو أشعة إكس ، فالخشب ليس حاجباً ، لأن الاهتزازات في الحالة الأولى بطيئة جدًّا وفي الأخرى سريعة جدًّا ، فلا تتأثر بها الالكترونات

فالفروق الظاهرية إذن بين أنواع الموجات الكهربائية المختلفة أقل مما تبدو لأول وهلة. أما الشيء الوحيد المشترك بينها فهو سرعة سيرها في الأثير. فسرعتها ١٨٦٠٠٠ ميل في الثانية (حوالي ٣٠٠٠٠٠ كيلو متر في الثانية) مهما كان عدد ذبذبات الموجة.

فاذا كانت الاهتزازات قليلة الحدوث نسبيًا فينجم عن ذلك أن تكون الموجات طويلة جدًا. وإذا نحن أمعنا النظر قليلاً اتضح لنا أن حدوث عدد كبير من الموجات القصيرة في الثانية يعجل سير سلسلة الموجات جميعها فكأنما هي بضع موجات طويلة تتحرك. وهنا لا نستطيع تشبيهها بموجات الماء، لأن سرعات هذه تتوقف على طولها الموجي، والموجات المائية الصغيرة تبطىء في سيرها كثيراً عن موجات البحار الهائجة. ولا تتغير سرعة الموجات الكهرطيسية في الفضاء الفارغ بتاتاً، فسرعة الموجات اللاسلكية التي يبلغ طول الواحدة منها ميلاً هي سرعة الموجات الضوئية التي يبلغ طول الموجة منها جزءاً من خمسين ألف جزء من البوصة. والبينة على صحة ذلك في الوقت الحاضر بينة غير مباشرة، ولا توجد إلا حالة واحدة استطاعوا فيها فعلاً قياس هذه السرعة العظيمة بالضبط بطريقة مباشرة — وهي سرعة الموجات الضوئية. حقيقةً توجد موجات ضوئية ذات أطوال مختلفة، ولكن التجربة دلت على أن السرعة واحدة في كل حالة. على أن التغيير في الأطوال الموجية الضوئية صغير المدى. فأطول الموجات الحمراء المنظورة تساوي في الطول جزءاً من ثمانية وعشرين مليون جزء من البوصة، وعدد ذبذباتها في الثانية ٤٣٠ بليوناً. وأقصرها الموجات البنفسجية المنظورة وتبلغ في الطول نصف السابقة، ولكن عدد ذبذباتها يبلغ الضعف. وحينما تخترق الموجات الملونة هذه مادة شفافة كالماء أو الزجاج تكون التراوحات كما هي في حالة الفضاء الطليق، ولكن الموجات تكون أقصر قليلاً. وتكون سرعتها من ثمّ أصغر قليلاً. وذلك هو السبب في أن أشعة الضوء تنحرف قليلاً إذا هي اخترقت الماء أو الزجاج، وهو أيضاً السبب الذي مكننا من استعمال العدسات والمناظير المكبرة. ومن حسن الحظ أيضاً أن هذه الموجات التي قلنا عنها إنها تختلف في اللون لا تبطيء كلها بنفس القدر حينما تسير خلال الماء أو الزجاج، ونستطيع استخدام هذه الخاصية في فصلها. ومن الغريب أن الطبيعة نفسها تستخدم ذلك أيضاً حينما تفصل ضوء الشمس إلى ألوان قوس قزح، فهي تجعل الضوء يخترق نقط ماء المطر، وكذلك نجحت تجربة سير إسحق نيوتن الشهيرة الخاصة بتحليل الضوء الأبيض بوساطة المنشور الزجاجي الثلاثي. وتدين معظم الأشياء الملونة من حيث لونها إلى اهتزازات جزيئاتها، أو بعبارة أدق، إلى اهتزازات إلكتروناتها داخل ذرات الجزيئات. وإذ قد انتهينا من بحث عملية الامتصاص يصح أن نختم هذا الفصل ببيان كيف أن هذا يحدث اللون

تصور ضوء النهار ساقطاً فوق ورقة حمراء ، فالمعلوم أن الضوء موجة مختلطة تشتمل على موجات من جميع الأطوال بين الحدين اللذين ذكرناهما سابقاً ، وكلها تسير معاً . فكلها تدخل في الورقة وتسير فيها مسافة قصيرة بين الالكترونات والنويات الذرية . فيضطر كثير من الجسيمات أن يهتز تبعاً لتراوحات قوى الموجات على حسب الطريقة التي ذكرناها ، فاذا كانت الورقة حمراء فان الموجات الخضراء والزرقاء هي التي تكون قد أحدثت هذا الأثر لأنها تخلت عن طاقتها للجسيمات المادية . والموجات الأخرى لا تثير أي استجابة في جزيئات الصبغ الأحمر فتعمل هذه الجزيئات كأنها عقبات سلبية تصد الموجات الحمراء ، ولذا ينعكس بعض الضوء الأحمر ، ويمرق بعضه الآخر خلال الأفضية الكائنة بين الجسيمات . وتبدو الورقة حمراء عن طريق الضوء النافذ والضوء المنعكس . أما الضوء الآخر فيضيع في الاهتزازات المادية التي يحدثها .

ولما كان انتظام هذه يختل بسرعة فان تأثيرها النهائي ينحصر في تسخين الورقة قليلاً . وتبدو أية مادة حمراء إذا اشتملت على جزيئات معدل اهتزازها ٤٥٠ بليون هزة في الثانية وتحتوي الأصباغ ذوات الألوان الأخرى على جزيئات لها نفس عدد الهزات المقابلة لألوانها المتتامة . وبالطبع لا يوجد شيء اسمه لون في الموجة نفسها ، وإنما المسألة كلها قوة كهربائية مغناطيسية مهتزة ، وليس اللون سوى أثر هذه الاهتزازات في أعصاب العين



الفصل الثالث

نظريات بناء الذرة

يخيل الي ان الله جلت قدرته قد خلق في البداية المادة وجعلها ذات حجوم وأشكال ونسب تتلاءم والحاجة التي خلقت هي لسدها . وخلق الجسيمات المكونة لها جامدة لا تنثني ولا تتجزأ . وليست هنالك قوة عادية تستطيع تجزئة ما جعله الله في بدء الخليقة جوهراً فرداً لا يتجزأ

« نيوتن »

لم يكن يجرؤ أي عالم علمي منذ خمسين سنة حتى على مجرد التفكير في أن داخل الذرة قد يستكشف يوماً من الأيام، ولم نصل حتى اليوم إلى حل واف يفسر لنا لغز البناء الذري على الرغم من الآراء القيمة التي سنجيء على ذكرها . وإني أترك للقارىء أن يتصور صعوبة ذلك، فالذرة لا يمكن أن ترى أبداً لأن الموجة الضوئية آلة ضخمة جداً لا تستطيع تناول الذرة ولا كشفها. فهي أكبر من الذرة ألف مرة ، ولذا فهي تطغى عليها كما تطغى موجة البحر الثائر على سارية صغيرة منفردة تعترض سبيلها فلا تكترث لها . وكذلك لا تكترث الموجة الضوئية لذرة واحدة ويهن أقوى مجهر (ميكروسكوب) فلا يستطيع التغلب على هذه الصعوبة الخاصة بطبيعة الضوء وطبيعة الذرة

ولذا فنحن مرغمون على تصوير نموذج للذرة على أساس غير مباشر ، وما في ذلك من قصور أو نقص البتة . ولكن مهما أطلقنا لأنفسنا عنان التخيل والتصور فلا نستطيع أن نقول إن هذا النموذج الذي اخترناه للذرة يشبه الذرة أو أن الذرة مثله، لأنه إذا اختلف معها في شيء بسيط فهو إذن ناقص وغير صادق على أن الطريق الذي سلكه غير واحد من العلماء العلميين في هذا السبيل إنما هو تخيل وتصور أولاً ، ثم خبر النماذج المتخيلة ثانياً ، في ضوء البحثين النظري والعملي . وسنتكلم فيما يلي عن ذرات كل من طمسن ورذرفورد ولانجميور وبوهر وشرودنجر وجينز ومشرفة ، ثم نعرج على رأي العلم الروحي الحديث . وقد يؤدي بنا انحيازنا لواحد من تلك النماذج الدقيقة إلى القول بأن لغز الذرة قد حُلّ . ولكننا مع ذلك لا نجترىء على القول بأن الذرات مبنية على هذا النمط أو ذاك — وكل ما في الأمر أن العلماء توصلوا إلى نماذج قد تفي بالغرض

وتوجد على جانبي طريق البحث هذا معالم كثيرة ، فحجوم الذرات وأوزانها معروفة ، وكذلك الطرق التي على مقتضاها تتجمع الذرات وتترابط ، سواء كانت كلها من نوع واحد كما في العناصر أو كانت من أنواع مختلفة كما في المركبات . وكذلك عرف في كل ذرة عدد النقط التي قد تتصل فيها بذرات أخرى ، وعرفت شدة هذه الاتصالات في حالات كثيرة . ومعروف أيضاً مقدار الحركة التي تسير بها كل ذرة دون أن تنفصل من أربطتها لأننا نعرف درجة الحرارة التي ينصهر عندها أي عنصر أو يغلي ، أي حينما تحصل الذرات المنفصلة على حريتها . وكل أولاء بينات على التكوين الذري ، وستطول بنا سلسلة البينات . وقد يمدنا الضوء بما يستجلي بعض الغوامض ، فكل ذرة تعطي ضوءاً ذا لون خاص أو مجموعة ألوان خاصة . وذلك حينما تضطرب سواء بتسخينها في لهب أو باطلاق الألكترونات عليها في أنبوبة تفريغ كهربائي . ولقد مرَّ بنا أن كل لون يقابل تراوحاً كهربائياً ذا تردد خاص ، فينتج من ثمَّ أنهُ يوجد شيء ما في كل ذرة يستجيب لهذا التراوح بأن يتحرك حركة مقابلة . وما أشبه الذرة بالبيانو الذي يعطينا عدداً كبيراً من النغمات المختلفة مع فارق بسيط هو أن الاهتزازات في الذرة أنغام ضوئية لا صوتية ويمكن قياس تردد كل نغمة بجهاز الاسبكتروسكوب الحديث — أي منظار الطيف الحديث ، ولكن هل إذا عرفنا حجم البيانو ووزنهُ وأنغامه استطعنا أن نستنتج حقيقة ما بداخله ؟

قبل الحرب العظمى بقليل توصل العالم الفتى هـ. ج. موزلي H. G. Moseley إلى كشف عظيم وهو في منشستر ، ولكن القدر لم يمهله ليرى ثمار استكشافه حيث قتل في غاليبولي . كان الرجل يبحث في اهتزازات الذرات لا بموجات منظورة بل بأشعة إكس ، فوجد أنها تترتب في نظام بسيط مدهش يرجع إلى الزيادة البسيطة المطردة في عدد الألكترونات التي تهتز باختيارها في داخل كل ذرة ، وقد وجد أن أخف الذرات تحتوي على إلكترون واحد ، والتي تليها على اثنين ، والثالثة على ثلاثة ، وهكذا . فالاكسيجين مثلاً هو العنصر الثامن في الترتيب من حيث الوزن الذري ، وعلى ذلك فذرته تشتمل على ثمانية إلكترونات داخلية تستطيع أن تهتز . والحديد هو السادس والعشرون ، فلذرته ست وعشرون إلكتروناً كذلك . وآخر الذرات وأثقلها ذرة الأورانيوم ، وتبدو كأنها التسعون في الكشف ، ولكن اهتزازاتها تدل على أنها يجب أن تكون الثانية والتسعين لأن لها نفس هذا العدد من الالكترونات الخارجية . وسبب ذلك انهُ يوجد عنصران لم يستكشفا بعد (١) . والكشف إلى هذا الحد كامل ينطبق

(١) يتحدث الدكتور أندريد Andrade . D أستاذ الفيزيقا في جامعة لندن في كل من كتابيه « ميكانيكية الطبيعة » و « الكيمياء الجديدة » عن عناصر مشعة استحدثوها بالطرق الصناعية ، ومنها ما ترتيبه في الكشف الثالث والتسعون ثم فسر خطأ القول الاخير بظاهرة تلحق الاورانيوم . ولعلهم عاثرون يوماً على العنصرين اللذين لم يستكشفا بعد

على قاعدة موزلي كل الانطباق ، وليس ثمة أدنى شك في أنه في بعض الحالات التي تدل فيها الاهتزازات على رقم ما ، ويدل مكان العنصر في الكشف على رقم آخر ، يكون الكشف عندئذ ناقصاً ، وقد سدت فعلاً الثغرات التي كشفتها القاعدة الجديدة بأن وضعت فيها العناصر الجديدة المستكشفة التي تنطبق عليها القاعدة بالضبط

والفضل في ذلك كله يرجع إلى سير ج. ج. طمسن وإلى من تلاه في جامعة كمبردج وهو سير إرنست رذرفورد Sir Ernest Rutherford ، فعلى أساس بحوثهما نجحت بحوث موزلي وانتهى الأمر عندئذ إلى أن الذرة لا تشتمل على غير بروتونات وإلكترونات . فذرة الايدروجين تحتوي على بروتون واحد وإلكترون واحد ، وتجيء بعدها ذرة الهليوم التي لا تحتوي على اثنين من كل وإلا لما بلغ وزنها حوالي أربعة أمثال ذرة الايدروجين كما هو الواقع فلا بد إذن من وجود أربعة بروتونات في ذرة الهليوم حتى يكون وزنها صحيحاً ، وإذن لا بد من وجود أربعة إلكترونات (١) حتى يكون المجموع الكلي للشحنة الكهربائية الموجودة في كل ذرة يساوي صفراً . وهذه الالكترونات الأربعة لا يمكنها كلها أن تهتز لأن اثنين منها مقيدان بإحكام مع البروتونات في جزء داخلي من الذرة يسمى النواة . ربما بدت صورة الذرة هذه معقدة لأول وهلة ولكن أمرها بسيط في الحقيقة ، فالعنصر الثاني تتألف نواته من أربعة بروتونات وإلكترونان ، أما الالكترونان الآخران فيهتزان في الأجزاء الخارجية من الذرة والعنصر الثالث في الترتيب ستة بروتونات وثلاثة إلكترونات في النواة ، أما الثلاثة الأخرى ففي الأجزاء الخارجية وهكذا . وفي حالة العناصر الأثقل توجد بعض تعديلات طفيفة لهذه القاعدة ، وإنما يكون أكثر من نصف الالكترونات في الجملة معبأ في النواة مع البروتونات . فذرة الحديد مثلاً يوجد فيها ست وخمسون بروتوناً وثلاثون إلكتروناً في النواة وست وعشرون إلكتروناً تسبح في الأجزاء الخارجية. وفي ذرة الرصاص يوجد ٢٠٨ من البروتونات و١٢٦ إلكتروناً في النواة واثنان وثمانون إلكتروناً خارجها

فالذرة إذن تتألف من كهربائية وفضاء خال ، وهذا الخلاء أكبر كثيراً من الكهربائية ولو أننا كبرنا ذرة بليون مرة لبلغ عرض نواتها نصف بوصة ، ولبلغت إلكتروناتها عشر هذا المقدار . وعلى الرغم من أن هذا الرأي يبدو كأن به تناقضاً لأن النواة قد تحتوي على عدد كبير من كل من الالكترونات والبروتونات فاننا نقبله لجوازه لأن التجارب لا تؤيد أي تفسير آخر حتى الآن . وقد يكون قطر الذرة المكبرة مائة ياردة ومع ذلك فلا تشغل الالكترونات

(١) وزن الالكترونات ضئيل جداً بحيث يمكن اهماله عند حساب عدد البروتونات اللازمة لتكوين الوزن الذري

والبروتونات التي بداخلها إلاّ جزءًا صغيرًا من حجمها ما دمنا محتفظين بنفس مقياس الرسم . فلماذا إذن لا يمكن أن تنضغط الذرة إلى حجم أصغر ما دامت تشتمل على خلاء ؟ ولكنّ لهذا السؤال جواباً بسيطاً هو : لأنهُ يوجد في الطبيعة مثل مشابه لذلك . ونحن كلنا نعرفه. فالشمس وسياراتها مبعثرة في فضاء أكبر كثيراً من حجمها على الرغم من أنها دائبة التجاذب . وسبب ذلك حركتها . فالقمر مثلاً قد انطلق من الأرض في يوم ما بسرعة هائلة ، وعلى الرغم من أن قوة الجاذبية تمنعه من الانفلات إلاّ أنها غير كافية لارجاعه إليها . وكذلك لا يمكن أن تعود السيارات إلى الشمس بسبب سرعاتها العظيمة التي تسير هي بها في أفلاكها حول الشمس . والنظرية العلمية الخاصة بالذرة مبنية على نفس الفكرة ، إذ المفروض أن الالكترونات تدور حول النواة بسرعات كبيرة جدًّا بحيث لا يمكن لقوة آدمية ان تضغطها في النواة . إنها جميعها ليست داخل قرص منبسط كما هو الحال في السيارات والشمس ، ولكنها تدور في جميع الاتجاهات، وبذلك تشغل حيزاً كريًّا أو شيئاً مثله . وهي غير قابلة للضغط بتاتاً لأنهُ في حالة البلورات التي تبدو كأنها تامة الاندماج يكون تأثير الضغط العظيم جدًّا منحصراً في تغيير الحجم تغييراً طفيفاً جدًّا . وهناك نوع واحد من الذرات تستطيع أن تحسب سرعة إلكتروناتها حساباً موثوقاً منهُ ، وتلك هي ذرات الايدروجين التي تشتمل الواحدة منها على بروتون واحد وإلكترون واحد ، فهذا الالكترون يندفع كالكوكب السيار حول شمسه ، فيدور حول البروتون ٦٦٠٠ بليون مرة في الثانية ، سائراً بسرعة ١٣٠٠ ميل في الثانية . وعند ما يجول بالخاطر ذلك الأمر الغريب ، وهو كيف أن ذرة خالية خاوية تستطيع أن تكون جامدة ككرة الرخام ، فلنذكر أحجية الحصة والجامع الكبير . وهي إنهُ إذا استقرت حصة في مثل جامع الرفاعي الواسع الأرجاء فلن يشعر بوجودها أحد ، ولكنها إذا خصت بسرعة عظيمة تكاد تكون لانهائية ، ثم طارت بهذه السرعة بحيث تكاد تكون في كل مكان داخل الجامع في آن واحد فانهُ يكون من المستحيل أن ينفتح باب ذلك الجامع بسبب توالي ضغوط صدماتها عليه ! !

إن وزن الذرة هو وزن بروتوناتها ، لأن الالكترونات في الواقع أخف كثيراً جدًّا من البروتونات . ولما كانت البروتونات معبأة في فضاء مركزي صغير فان مركز الذرة يكون أكثف كثيراً من أي أنواع المادة التي نعرفها . ولو صحت التقديرات المقول بها عن حجم البروتون لأمكن وضع دنيانا هذه في قمطر صغير . وأما السبب في أن قطرها ثمانية آلاف ميل فيرجع إلى أن مدارات الالكترونات تشغل حيزها هذا . ولو أنها سخنت إلى درجة شديدة لكان تصادم الجزيئات شديداً يطرد الالكترونات من أفلاكها فتصير الذرات أصغر . ويحدث مثل ذلك في بعض النجوم . وكان العلامة إدنجتون Eddington الكمبردجي أول من أشار

إلى أن الحرارة كانت مرتفعة جداً في زميل نجم الشعرى اليمانية ففقدت جميع الذرات إلكتروناتها ، ثم تجمعت النويات الثقيلة لزازاً فصارت مادة النجم أكثف من الماء خمسين ألف مرة ، أي أن السنتيمتر المكعب منها يزن خمسين كيلوجراماً ، أو أن البوصة المكعبة منها تزن طناً تقريباً ! ولقد حسبوا بعد هذه النبوءة وزن هذا النجم وحجمه فتحقق هذا التقدير ، وبذلك أضيف إلى سلسلة البينات حلقة اتصال أخرى نعتمد عليها في رسم صورة لبناء الذرة

وثمّ اعتراض آخر قد ينهض ضد هذه النظرية وهو : إذا فرضنا أنه لا يوجد للبروتون أجزاء فان كل ذرة يجب أن تزن قدر البروتون الواحد ، أو قدر ذرة الايدروجين الواحدة عدة مرات صحيحة كاملة لأنها تشتمل دائماً على عدد صحيح من البروتونات . وقد قاس الكيميائيون منذ قرن أوزان الذرات بالنسبة لوزن ذرة الايدروجين ، فوجدوا في كثير من العناصر أن النسبة عدد صحيح ، مثال ذلك وزن ذرة الكربون قدر وزن ذرة الايدروجين اثنتي عشرة مرة ، وذرة الفضة ١٠٨ من المرات تقريباً ، ولكن توجد عدا ذلك شواذ كالكلور الذي تزن ذرته قدر وزن الايدروجين ٣٥½ من المرات . فمن المستحيل أن نصور ذرة الكلور بأنها تشتمل على ٣٥½ من البروتونات . وكان ذلك عقبة عسيرة اعترضت نظرية البروتون ، وظلت هذه العقبة قائمة سنين طويلة ، ولكن الدكتور أستون Dr. Aston الأستاذ في جامعتي برمنجهام وكمبردج وجد طريقاً للخروج من هذا المأزق ، وذلك بابتكاره طريقة جديدة لوزن الذرات . فبدلاً من استخدام الاتحادات الكيميائية للعناصر ، والقول بأن ٣٥½ من جرامات الكلور تتحد دائماً مع جرام واحد من الايدروجين ، نراه طبق الطريقة عينها التي اتبعها ج . ج . طمسن في وزن الالكترونات . وذلك أنه أوجد سيلاً سريعاً من الذرات بعد أن سلب كلاً منها إلكتروناً فصارت كلها مشحونة بالكهربائية الموجبة ، ثم جعل السيل ينحرف داخل أنبوبة مفرغة بأن سلط عليه مغناطيساً أو قوة كهربائية . ومن مقادير الانحرافات استطاع أن يحسب أوزان الذرات . ومع أن قياس الانحراف بالضبط عمل من الصعوبة بمكان إذ يستلزم الأمر أخذ صورة فوتوغرافية فوق لوح شديد الحساسية فان مهارة الرجل وأناته كانتا خير معوان على نجاحه . وقد أدى به البحث إلى استكشاف نوعين من ذرات الكلور بدلاً من نوع واحد كما كان يظن ، وزن أحدهما قدر وزن ذرة الايدروجين ٣٥ مرة ووزن الآخر قدر وزنها ٣٧ مرة ، وأنه يوجد ثلاث ذرات من النوع الخفيف مقابل كل ذرة من النوع الثقيل ، وبذلك يكون متوسط الوزن الذري للكلور الموجود في العالم هو ٣٥½ . أما لماذا يمتزج النوعان بهذه النسبة فلا يزال لغزاً في الوقت الحاضر . ولقد بذلت جهود استمرت سنين في سبيل إيجاد كلور تكون فيه النسب مخالفة لذلك ولكن دون أدنى نجاح . ويسهل

علينا فهم السبب الذي من أجله لم يمكن تمييز النوعين فيما مضى ، وذلك متى علمنا أن الخواص الهامة للذرة تتوقف على الالكترونات الكائنة خارج النواة وليست على البروتونات . وسنذكر فيما سيجيء بينة أخرى تدعم هذا الزعم . على أنهُ إذا قبل فلا بد من افتراض أنهُ في إحدى ذرتي الكلور يوجد ٣٥ بروتوناً مع ١٨ إلكتروناً في النواة و١٧ إلكتروناً خارجاً عنها . وفي الذرة الأخرى يوجد ٣٧ بروتوناً مع ٢٠ إلكتروناً في النواة و١٧ إلكتروناً خارجاً عنها . ولكل من هاتين الذرتين وزن يخالف وزن الأخرى ، أما الخواص الكيميائية فواحدة . وقد ثبت لأسباب أخرى كثيرة أن هذا الوضع هو الوضع الحقيقي . أما كشف العناصر التي قام الدكتور أستون بوزنها فكبير ، وفي كل حالة يكون وزن الذرة فيها عدداً كسرياً كما وجده الكيميائيون أثبتت صور أستون الفوتوغرافية أنها مزيج من نوعين أو أكثر من الذرات ، وأن وزن كل منها عدد صحيح في ذاته . وهذه الكسور إنما تنشأ لأن الذرات تمتزج بنسب معينة . وقد أدى هذا الاستكشاف إلى وضع اسم جديد لهذه الذرات المتشابهة ، واختير لهذا الاسم لفظ «النظير» فللكلور نظيران وكلاهما موجود في غاز الكلور الأخضر العادي ، وكلاهما موجود في مركباته كملح الطعام : ويوجدان دائماً بنسبة ثلاث ذرات من النوع الخفيف إلى ذرة من النوع الثقيل . وتوجد ثلاثة نظائر للسلكا وأربعة للخارصين وستة للزئبق واثنان للفضة . وقد أمكن فصل بعض نظائر الزئبق ، ولكن المخاليط الأخرى جميعها قد قاومت كل الجهود التي بذلها الكيميائيون لتغيير نسب وجودها في الطبيعة . ومن بين الذرات الثقيلة جداً ، وهي الذرات المشعة أو الفعالة كيميائياً ، توجد حالات كثيرة للنظائر كانت هي التي استكشفت أولاً فأثارت مسائل أخرى سنجيء على ذكرها في الفصول القادمة . والنتيجة المباشرة لكل ذلك هي أنهُ صار في الامكان الآن صنع نماذج للذرة صحيحة الوزن

بعد ذلك فلنفكر في مدى ما تذهب إليهِ هذه النماذج في إظهار المشابهات الكائنة بين أنواع الذرات المختلفة . توجد مشابهات عائلية واضحة جداً بين كثير من العناصر المختلفة . فمثلاً غازات الفلور والكلور والبروم متشابهة جداً في خواصها وخصوصاً في طرق اتحادها بالعناصر الأخرى ، وكذلك الصوديوم والبوتاسيوم متشابهان جداً في الخواص . والزرنيخ والأنتيمون والبزموت مثل آخر . وربما كان خير مثال هو عائلة الغازات النادرة وهي الهليوم والنيون والأرجون والكربتون والزينون والنيتون . فغير ممكن بأي حال أن يتحد أي واحد منها بأي عنصر آخر ولا بد أن ترتيب الالكترونات والبروتونات في الغازات يكشف الستار عن مدى هذه العلاقات إذ يتحتم علينا أن نبني منازلنا بلبنات تؤلف فيما بينها عائلات متميزة كل التمييز . على أن الأمر أصبح مستحيلاً تقريباً لسبب واحد هو أن الالكترونات تسبح طيلة الوقت فلا يمكن أن تلائم

النماذج الحقائق وعلى هذا الأساس بنى لانجميور Langmuir نموذجه الذري ، فكان على الرغم من خطئه الأساسي متفقاً وبعض وجوه الحقيقة على الأقل . واليك فيما يلي رأي لانجميور باختصار

جوهر هذا النموذج هو أن الالكترونات الخارجية تجمع نفسها في حلقات أو طباق تكون النواة في مركزها . فأما الالكترونان الأولان فيكونان قريبين دائماً من النواة ، ثم بعد ذلك تأتي طبقة مكونة من ثمانية ، تليها طبقة أخرى مثلها ، وتجيء أخيراً طبقتان أو أكثر من نوع أكبر . والطباق الداخلية تكتمل أولاً ، فاذا لم يبق من الالكترونات ما يكفي لملء الطباق الخارجية فان هذه تبقى ناقصة . فمثلاً يوجد للصوديوم أحد عشر إلكتروناً خارجيًّا تجمعها ثلاث طباق : الأولى صغيرة ذات إلكترونين ، والثانية كبيرة بها ثمانية ، والثالثة وهي الخارجية القصوى تحتوي على إلكترون واحد . وللبوتاسيوم ١٩ إلكتروناً خارجية مرتبة كالآتي : اثنان من الداخل تليهما إلى الخارج طبقتان بكل منهما ثمانية ، ثم إلكترون واحد في الطبقة الخارجية . أما الذرات الثقيلة فأكثر تقييداً ، ولكنها مبنية على أساس مشابه لذلك . فمثلاً غاز النيتون الذي ينبعث من الراديوم يحتوي على ٨٦ إلكتروناً خارجيًّا مرتبة كالآتي : اثنان أولاً ثم طبقتان بكل منهما ثمانية ، وأخريان بكل منهما ثمانية عشر ، ثم طبقة ذات اثنتين وثلاثين . وكلما مضينا في جدول العناصر وجدنا أن الطبقة الخارجية تتزايد بهذه الطريقة المنتظمة ، وفي نفس الوقت نجد مركز الذرة — وهو النواة — يتزايد ثقله . وهذه النواة تتزايد عادة ببروتونين اثنين وإلكترون واحد لكل إلكترون يضاف الى الطبقات الخارجية . وقد نصل يوماً إلى اعتبار أن هذا المركز الصغير المعبأ قد يكون مبنيًّا هو أيضاً على نمط خاص ، أما في الوقت الحاضر فلا نعلم شيئاً البتة عن تفصيلاته . ويمكن تطبيق نظام الطباق الخارجية هذا على جميع ذرات العناصر التسعين المعروفة . وتجد في آخر الكتاب جدولاً يتضمن جميع البيانات في هذا الصدد . وقد ترك فيه بياض في مواضع العناصر التي لم تستكشف بعد . وهذا الجدول موضوع في أبسط صيغة ممكنة ، ويمكن تعديله بجعل الطبقات طوائف طوائف . وربما كان من الأفضل وضع الطبقات ذات الثمانية عشر على صورة ثلاث مجموعات كل منها ذات ستة . غير أن هذه تفصيلات لا تزال غير مؤكدة

وجمال هذا النموذج واضح في الطريقة التي تظهر بها أوجه الشبه بين ذرات العائلة الواحدة . ولقد ذكرنا عائلة الفلور والكلور والبروم ، ويصح هنا أن نقول إن في ذراتها مكاناً خالياً لالكترون واحد في الطبقة الخارجية . فللفلور طبقتان إحداهما ذات إثنين والثانية ذات سبعة ، وللكلور ثلاث طبقات إحداها ذات إثنين والثانية ذات ثمانية والثالثة ذات سبعة ، وللبروم أربع طبقات إحداها ذات اثنين والثانية ذات ثمانية والثالثة ذات ثمانية عشر والرابعة ذات سبعة . والصوديوم

والبوتاسيوم متشابهان كذلك من حيث احتوائهما على إلكترون واحد في الطبقة الخارجية . وكذلك لكل من الزرنيخ والانتيمون والبزموت ثلاث أمكنة خالية في طبقاتها الخارجية . والغازات النادرة التي تؤلف فيما بينها أكمل وأتم عائلة متشابهة في هذا أيضاً ، إذ أن طبقاتها الخارجية جميعها كاملة . وتلقي هذه الحالة الأخيرة بصيصاً من النور يبين لنا وجهة نظر أخرى قيمة لهذا النموذج ، وذلك أن الغازات النادرة تأبى أن تتحد مع أي عنصر آخر . ألا يصح أن ننسب ذلك إلى أن طبقاتها الخارجية القصوى تامة لا ينقصها شيء ؟ ثم هو أيضاً يدل على أن الطبقة التامة أقوى وأثبت من الطبقة الناقصة ، وعلى أن اتحاد ذرتين أو عدمه إنما يتوقف على ما إذا كانت طبقتاهما الخارجيتان يمكنهما أن يكملا بالاتحاد أم لا ، ولنضرب لذلك مثلاً بسيطاً ذرة الايدروجين ، فهل ينتظر أن تتحد بذرة أكسيجين ؟ لذرة الايدروجين إلكترون واحد ولذرة الاكسيجين ستة إلكترونات خارجية ، وإذن فللاثنين معاً سبع إلكترونات خارجية لا تكون طبقة تامة ذات ثمانية إلكترونات ، وإذن فلن يكن هناك اتحاد قوي إذا كانت القاعدة صحيحة وإذن فلا بدّ من ذرة إيدروجين أخرى لكي تكمل الطبقة وتوجد جزيئات ثابتة — وهذا صحيح لأن المعروف أن جزيء الماء يحتوي على ذرة أكسيجين واحدة وذرتي إيدروجين وكثير من الأشياء المعروفة تتحد عناصرها بنسب تنطبق على هذه القاعدة . ففي الجير مثلاً توجد ذرة أكسيجين مقابل ذرة كالسيوم ، وذلك لأن لهذا إلكترونين خارجيين وللاكسيجين ستة فباتحادهما تتكامل الحلقة ذات الثمانية إلكترونات . والملح العادي يتألف من عدد واحد من كل من ذرات الكلور والصوديوم ، وذلك لأن الأول يقدم للحلقة الأخيرة سبع إلكترونات ويقدم الثاني لها الكتروناً واحداً . والبوتاسا فيها ذرة من كل من الاكسيجين والايدروجين والبوتاسيوم ، لأن كلاً من هذين الأخيرين في هذا الثالوث يضيف إلكتروناً إلى إلكترونات الاكسيجين الستة . والنوشادر يتألف من ثلاث ذرات من الايدروجين لكل ذرة من النتروجين ، وذلك لأن لذرة هذا الأخير خمس إلكترونات خارجية ، وهذه تحتاج إلى ثلاثة أخرى لكي تكملها وتصير ثابتة

تلك أمثلة بسيطة تبين صحة قانون بسيط جداً ومدهش جداً يخضع له الكون كله في البناء والتكوين . وأحياناً تكون جزيئات المواد كبيرة معقدة فلا يمكن تقصي ذلك القانون فيها . وكثيراً ما توجد جزيئات تكون الحلقة الخارجية فيها ناقصة ومع ذلك تثبت على حالها فلا تنحل . مثال ذلك : غاز أول أكسيد الكربون فيه أربعة إلكترونات في ذرة الكربون وستة في ذرة الاكسيجين ، ويحتاج جزيئه لذرة أكسيجين أخرى لكي تتم بذلك حلقتان ، ومع ذلك فهو باقٍ دون انحلال . وهو يكون أقل تسمماً لو أن ذيله الالكتروني يتم ، إذ أنه في هذه الحالة يكون

أقل إقبالاً على الاتحاد بالمواد الأخرى الموجودة في منسوجات الجسم فلا يسممها

لا بدّ أن يكون في هذا الشرح الدقيق للذرات والجزيئات قسط كبير من الصدق ، لأنه ينطبق على كثير من الحقائق ، وكان من وجهة علم الكيمياء رأياً جديداً عظيم الخطر . ولكن هذا التفسير لا يمكن أن يكون سليماً إلى النهاية ، لأنه إذا كانت الالكترونات ساكنة في داخل الذرة فانها لا بدّ منجذبة نحو مركزها على الفور . وظاهر أنه لا توجد طريقة لمنع هذا التجاذب الحادث بين الكهربائيتين السالبة والموجبة إلاّ أن تكون إحداهما دائرة بسرعة حول الأخرى . وظاهر أيضاً أن الالكترون هو الذي يدور حول البروتون لأن هذا ثقيل الوزن نسبيًّا فلا يمكن للالكترون الخفيف الوزن أن يحتفظ به دائراً حوله في فلك ما . وعلى ذلك يتحتم علينا أن نقول بأن الالكترونات الموجودة في طباق من ثمانية أو أكثر تدور حول المركز الذري . ويفقد النموذج على الفور بساطته لدى العالم وغير العالم ، لأن الجهود المبذولة في سبيل تقدير ثبوته أدت إلى معادلات رياضية لم يصلوا بعد إلى حلها . غير أنه قد وصل العلم في حالات بسيطة قليلة إلى نتائج لم تكن متوقعة أبداً وسنذكرها فيما يلي :

توصل العالم الدانمركي الفتى نيلز بوهر Nils Bohr ، أستاذ الفيزيقا في جامعة كوبنهاجن إلى استكشاف نموذج للذرة يبين اهتزازاتها ، أو بعبارة أدق الاهتزازات التي تحدثها الذرة في الفضاء المحيط بها . ولقد أشرنا فيما مضى إلى الاسبكتروسكوب وإلى أقيسته البالغة غاية الدقة والتي كانت في مبدأ الأمر وقفاً على موجات الضوء المنظورة التي تبعث بها الذرة حين تثار الأثارة الملائمة . ولكنهم في السنين الأخيرة عمموا استعماله فشمل قياس موجات أخرى أكثر تردداً من الموجات الضوئية المنظورة . فمثلاً يتألف طيف ذرة الحديد من عشرة آلاف موجة كلها ذات أطوال مختلفة ، وبعضها من الموجات دون الحمراء غير المنظورة ، وبعضها موجات ضوئية منظورة وبعضها موجات فوق بنفسجية ، وبعضها أشعة إكس

وقد قيست الأطوال الموجية بدقة عظيمة ، وقيس كثير منها إلى أقرب جزء من مليون . وصيغت من الأقيسة جداول تحتوي على أرقام طويلة وصادقة لكل عنصر من العناصر . ففي هذه الأرقام لا بد أن يوجد البيان الوافي المفسر للغز بناء الذرة . وقضى العلماء سنين وهم يبحثون في هذه الأرقام الاسبكتروسكوبية فلم يهتدوا لأكثر من معرفة بضع صلات وعلاقات تربطها بعضها ببعض . فلما تولاها بوهر توصل الى استكشافه ، واتضحت من ثمّ المعلومات . وجنى من تبعه من البحّاث الذين اقتفوا أثره في التفكير والدرس ثماراً لم تكن منتظرة

وإليك رأي بوهر باختصار : المفروض في الالكترون الذي بداخل الذرة أنه يسير في

فلكه حول النواة . فاذا أثيرت الذرة وشحنت بطاقة ما من مصدر خارجي فان الالكترون يبتعد خارجيًّا إلى فلك أبعد . وهناك يستمر في حركته حول النواة في مدار أوسع وإنما بسرعة أبطأ . فاذا ما زال ذلك المؤثر الخارجي عاد إلى فلكه الأول ، لا بالتدريج بل بقفزة فجائية ، فكأنما هو لولب انكمش بعد شد . فعندما يرتد يسترد الطاقة المستعارة ، وتسري على صيغة كهربائية في الأفضية المحيطة ، ثم تنطلق على شكل موجة ضوئية . أما طول هذه الموجة فيتوقف على مدى هذه القفزة الفجائية . فاذا كانت القفزة طويلة تستلزم طاقة كبيرة كانت الموجة قصيرة — كأن تكون ضوءاً بنفسجيًّا في حالة ذرة الايدروجين . وإذا كانت القفزة قصيرة انبعثت موجات الضوء الأحمر الطويلة . ولا يمكن للذرة أن تشع ضوءاً من كل لون ، وإنما تستطيع أن تبعث سلسلة من الألوان المنفصلة الواضحة ، وذلك لأن إلكترونها لا يستطيع أن يتحرك حول النواة على أي بعد يريده ، بل لا بد أن يتحرك في واحد من مجموعة أفلاك معينة . وأقرب مثل توضيحي لذلك أن نتصور أن أرضنا قد استطاعت أن تبتعد عن الشمس ، وأنها قد استقرت في فلك المريخ أو المشتري أو أي سيار آخر . فهي إذا ما أطلق سراحها عادت فجأة إلى فلكها القديم . تلك هي صورة ما يعمله الالكترون داخل الذرة التي تحدث ضوءاً!

هذا الرأي الجديد قد طبق على أبسط ذرة ، أي الذرة التي يوجد فيها إلكترون واحد فقط يتنقل في هذه الأفلاك المتغيرة . فلما عمل الحساب الدقيق وجد أنه ينطبق تماماً على أقيسة الاسبكتروسكوب . وصحت سلسلة «الأنغام الضوئية» كلها . فالموجة الحمراء تتذبذب ٤٥٧ بليون مرة في الثانية ، وتليها الموجة الزرقاء وعدد ذبذباتها ٦١٧ بليون في الثانية ، وهكذا حتى نصل إلى المنطقة غير المنظورة وإلى تردد فيها قدره ٨٢٣ بليون مرة في الثانية . وبهذا أحرزت ذرة بوهر نجاحاً عظيماً لا يقدره قدره إلا الخبراء من علماء الفيزيقا . والحق إن من السهل أن نضع نظرية فتبدو كأنها أحسن وأصح تفسير للحقائق التجريبية ، ولكن من الصعب جدًّا أن نجد نظرية تصمد للاختبارات الحسابية الدقيقة القاسية ثم تمر منها بنجاح . على أن اختبار الأقيسة الدقيقة قد كان له أثره خلال القرون الثلاثة الماضية إذ كان خير وسيلة لتمييز الخطأ من الصواب وقد صرنا الآن نلصق بكل رأي جديد تنطبق اختباراته التجريبية وأقيستها على نتائج الحساب النظري الدقيق

أما في الذرات الأعقد من ذلك فيوجد كثير من الالكترونات السائرة في أفلاك دائرية أو أهليلجية ، ولكنها تتداخل في حركاتها بعضها مع بعض . فصار من الصعب جداً بسبب هذا التداخل أن تحسب تماماً ترددات الموجات التي تنبعث من هذه الذرات . غير أن العلماء يصلون شيئاً فشيئاً إلى الحلول المطلوبة ، حتى امتلأت جعبتهم واكتظت . وإن توالي تصيدهم للحقائق

يدل على أن سيكون لقنصهم هذا شأن عظيم في تاريخ العلوم

وبعد أترى العلماء قد وقفوا عند هذا الحد مقتنعين بأن الالكترون هو نهاية ما يمكن أن يصلوا إليه ؟ كلا فلا يمكن أن يقف تكوين هذه الدنيا الجديدة عند هذا الحد ، ولن يكون الالكترون آخر كلمات علم الفيزيقا الحديثة في هذا الصدد . وها نحن نرى العلامة سير . ج. ج. طمسن الذي إلى عبقريته يرجع الفضل فيما وصل إليه القرن العشرون من تصوير بناء الذرة — نراه يكتب ويحاضر في موضوع «ما وراء الالكترون» . وقد وصل الى أن الالكترون بدوره مكون من أجزاء أخرى أصغر منه ، وكان ذلك سنة ١٩٢٩ . والحق إن طبيعة الالكترون قد صارت الآن ميدان بحث هام في الفيزيقا الحديثة ، وأن تجزئته إلى موجات هي أهم ما يتطلع إليه العلميون اليوم ، فتكون المادة إذن نوعاً من اهتزاز أثيري أو دورة أثيرية في الفضاء ، وهو رأي الروحيين كما سيجيء

ويذهب شرودنجر Schrodinger إلى أن الكون لا يتألف من إلكترونات بل من موجات ، وأن الذرة لا بدّ أن تعتبر مجموعة موجات كهربائية ، وما الالكترونات إلا طريقة غير دقيقة لوصف بعض خواص هذه الموجات . على أننا سنسلم جدلاً بصحة هذا التصوير إلى أن يصل البحث العلمي إلى وصف آخر للذرة أحسن من هذا تبدو فيه الخواص الموجية والدقيقية للذرات كأنها أوجه لخاصية فيزيقية أخرى أعمق غوراً ، وسنبسط هذا التصوير الموجي في الفصل الرابع عشر عند الكلام على الميكانيكا الجديدة وهي الميكانيكا الموجية

بقيت وجهة نظر واحدة هي الخاصة بالاشعاع . فالمادة قد تستحيل إشعاعاً ، وقد يستحيل الاشعاع مادة ولو من الوجهة النظرية على الأقل . وليس معنى هذا بالطبع أن المادة والأشعاع شيء واحد ، ولكنهما كما يقول العلامة جينز Jeans نوعان من الموجات : نوع ينتشر على شكل دوائر ، وآخر يسير في خطوط مستقيمة . وهذه الموجات الأخيرة تسير بسرعة الضوء ، أما تلك المكوّنة للمادة فأنها بطيئة السير

ومنذ أكثر من عشرين سنة لفت جينز الأنظار إلى مستودع الطاقة الهائل الذي يمكن الحصول عليه من إبادة المادة . فحينما تتصادم البروتونات الموجبة الكهربائية مع الالكترونات السالبة الكهربائية تمحو بعضها بعضاً ، وبذلك تطلق طاقتها الذاتية الداخلية على صورة إشعاع . وعلى هذا لا يكون للطاقة ولا المادة وجود دائم ، بل الذي يوجد هو مجموعهما إن صحّ التعبير . فكل من المادة والطاقة تستطيع من الوجهة النظرية على الأقل أن تستحيل الأخرى

وحينما قدم جينز هذا الرأي كان يظن أنه وصل إلى رأي جديد انقلابي لم يجيء به أحد قط . ولكنه هو نفسه وجد أن نيوتن كان قد سبقه منذ قرنين بما يشبه ذلك كثيراً . في كتاب

نيوتن المسمى « البصريات » الذي كتبه سنة ١٧٠٤ نجد : —

« سؤال ٣٠ — ألا يمكن للأجسام والضوء أن يستحيل كل منهما الآخر ؟ وهل لا تكتسب الأجسام كثيراً من فاعليتها من جسيمات الضوء التي تدخل في تركيبها ؟

« إن استحالة الأجسام ضوءاً واستحالة الضوء أجساماً يطابق جداً أسلوب الطبيعة التي تبدو كأنها تسر بالتحولات . فالماء الذي هو ملح (كذا) مائع لا طعم له يتغير بالحرارة فيصير بخاراً أي نوعاً من الهواء ، وبالبرودة فيصير ثلجاً أي حجراً صلباً شفافاً لامعاً قابلاً للانصهار ، وهذا الحجر يستحيل بالتسخين ماء ، ويستحيل البخار ماء بالتبريد . والبيض ينمو من مراتب عديمة الحس ثم يستحيل حيوانات تحس وتشعر والدعاميص تستحيل ضفادع ، والديدان تستحيل ذباباً ، وجميع الطيور والدواب والأسماك والحشرات والأشجار والنباتات الأخرى بأجزائها العديدة تخرج من الماء ومن المحلولات المائية والأملاح . وبالتعفن تستحيل ثانية مواد مائية . والماء الراكد في الهواء الطلق يأسن بعد بضعة أيام ، ويعطينا صبغة (كذا) أو محلولاً ، فاذا ظل أمداً آخر أعطانا راسباً وروحاً (كذا) . ولكن الماء قبل التعفن ينعش النبات والحيوان فبين أمثال هذه التحولات المتعددة الغريبة لماذا لا تحيل الطبيعة الأجسام ضوءاً والضوء أجساماً ؟ »

ويميل جينز إلى تعزيز الرأي القائل باستحالة المادة ضوءاً ، لأن اجتماع النواة الموجبة التكهرب بالالكترونات سالبة التكهرب يمدنا بنظام آلي ظاهر به تتحول المادة إلى طاقة . وينتهي جينز إلى أن الكون يذوب على شكل إشعاع ، مستنداً في ذلك على مشاهدات وأرصاد فلكية ليس هذا مكانها . ثم هو من جهة أخرى يستبعد حدوث الضد ، ويقول إن استحالة الضوء يوماً ما مادة بعيدة الاحتمال جداً وإن تكن من الوجهة النظرية البحتة ممكنة .

فالنتيجة التي يستخلصها جينز هي أن الكون المادي كله يتألف من موجات ولا شيء غير الموجات « وهذه الموجات نوعان : معبأة وهي تلك المادة التي نسميها مادة ، وأخرى غير معبأة وهي تلك التي نسميها إشعاعاً أو ضوءاً . وما إبادة المادة — إن تمت هذه الابادة — إلا عملية فك إسار هذه الطاقة الموجية المختزنة فتنطلق في الفضاء . ويعود هذا الرأي بالكون كله إلى أنه عالم من الضوء . وتكون قصة خلق هذا العالم محصورة في أن الله تبارك وتعالى قال ليكن نور فكان نور »

وللدكتور مشرفة بك أستاذ الرياضة التطبيقية في الجامعة المصرية وعميد كلية العلوم فيها رأي كان قد عرضه في النشرة المسماة « محاضر إجراءات الجمعية الملكية » الصادرة في ديسمبر سنة ١٩٢٩ تحت عنوان « الميكانيكا الموجية والوجهة المزدوجة للمادة والأشعاع » وقد أشار جينز الى هذا الرأي في كتابه « الكون الخفي » وأشار إليه العلامة لودج في كتابه « فيما وراء الفيزيقا »

وهذا الرأي في الحقيقة تعديل لرأي نيوتن وجينز بخصوص المادة والأشعاع ، وهو مبني على أساس أن جميع الظواهر التي تمر بنا بسرعة الضوء اعتدنا أن نسميها إشعاعاً ، في حين أن الأحداث المجسمة التي تسير ببطء شديد أو التي لا تسير بتاتاً قد اعتدنا أن نسميها مادة . وهنا يتساءل الدكتور مشرفة كيف تبدو الأشياء لراصد يسير بسرعة الضوء ، ويجيب عن ذلك بأن الاشعاع الذي يصحب هذا الراصد ويسير معه جنباً إلى جنب يبدو كأنه مادة ، أما الأشياء المادية التي تمر به عندئذ بسرعة الضوء فتكون إشعاعاً . والفكرة في حد ذاتها بارعة جداً ، وعلى الرغم من أنها ظنية فهي وليدة بحث رياضي صحيح قيم

وأما عن العلم الروحي الحديث ومايقوله في المادة فتكفيني باثبات ماذكره العلامة ج . آرثر فندلاي رئيس المعهد الدولي للبحث الروحي بلندن في كتابه القيم « على حافة العالم الأثيري » فهو يقول ضمن كلامه على « الكون الأثيري » مايأتي :

« إن المادة أصبحت تعتبر هذا الأثير نفسه ، وإنما في حالات اهتزاز محدودة خاصة . والالكترونات في الذرة جسيمات من كهربائية سالبة ، والبروتونات دون شك كهربائية في طبيعتها ، وكلاهما أثيري . وما المادة إلا أثير في حالة خاصة . والأثير كله مادة فعلاً ، والمادة كلها أثير فعلاً . أما المادة الفيزيقية التي تدركها حواسنا فهي ذلك الجزء من الأثير الذي يهتز في دائرة معينة . وفي هذا الكتاب قد فرقت بين المادتين : المادة الفيزيقية من جهة وهي المادة التي نحس بها ، والمادة الأثيرية من جهة أخرى وهي المادة التي لا تدركها حواسنا . ولكنها على الرغم من أن حواسنا لا تدركها ليست بعيدة عن متناول أفهامنا لدرجة ما على الأقل . والواقع أن فهمنا إياها قد تزايد كثيراً في السنين الأخيرة حتى لقد أصبح العلم الفيزيقي اليوم يتجه بكلياته إلى القول بأن الأساس البنائي للكون هو هذه المادة الأثيرية لا تلك المادة الفيزيقية

« ويمكن الآن اعتبار أثير الفضاء حلقة الاتصال الكبرى التي توحد ما بين عالم المادة وعالم الروح ، لأنه المادة المشتركة بين العالمين . وكلاهما محصور داخل هذه المادة ، وكلاهما جزء منها وكلاهما مكوّن منها . والعالمان جزء من كون واحد ، والحياة في كليهما مقيدة به . فهنا في هذا العالم المادي الذي نعيش فيه إنما نحس فقط بنوع من الاهتزازات المنخفضة الدرجة ، أما في عالم الروح حيث تؤدي الحياة وظائفها أيضاً فان الوعيُ يتأثر بنوع من اهتزازات أعلى درجة .....

« ..... يجب أن نعلم أن الكون ما هو إلا أثير — لا أكثر ولا أقل — وإنما في حالات اهتزاز مختلفة »

ونراه يقول في باب « المادة والعقل » ما يأتي :

« إن الكون مكون من درجات مختلفة من الحركة ، بعضها نحس به نحن الكائنات الفيزيقية

ويسمى هذا البعض مادة فيزيقية ، على حين توجد حركات كثيرة غير هذه تمر بنا فلا تثير حواسنا ولا بدَّ من وجود تحول مطرد خلال هذه المنطقة الشاسعة ، فالمادة الفيزيقية تشع نفسها مستحيلة مادة غير منظورة ، وهذا إذا نحن أطلقنا كلمة مادة على الأثر الذي تحدثه هذه الحركة في العقل. والعقل هو أعلى ما نعرف من مجالات الاهتزاز ودرجاته

«وهؤلاء الذين ينظرون إلى الكون كأنه مكوَّن من المادة الفيزيقية فقط ولا شيء سواها يظنون أنه سائر الى ذهاب وأن المادة الفيزيقية ستفنى يوماً ما ، ولكن وجهة النظر هذه محدودة جداً . وإني من تجاريبي الروحية أفضل أن أعتبر المادة الفيزيقية جزءاً من الكون فقط ، وكما أن الشمس مثلاً تشع نفسها ببطء حتى تختفي عن الأنظار كذلك تتكوَّن عوالم أخرى عن طريق إبطاء الحركة . وعلى هذا تظهر ببطء عوالم فيزيقية جديدة للعين الفيزيقية. والكون يتغير باستمرار فالعوالم الفيزيقية كالسدم مثلاً تتولد ببطء فنراها نحن الفيزيقيين ، على حين تعود عوالم أخرى كالشمس مرة ثانية إلى المادة التي منها صدرت

«ومن الصعب أن تناقش موضوعاً يحلل نفسه إلى حركة ، أي إلى شيء لا يحس به باللمس ولكن المادة حركة والحركة مادة . فالمادة إذن هي الكون ، منها يتكوَّن ، وهي في كل مكان فيه ، ولا يوجد مكان في أية جهة ما يخلو منها ، وهي ليس لها أول ولن يكون لها آخر ، وهي تتحرك باستمرار حركة انفكاك أو حركة انتقال حسب وجهة نظرنا . وليس في الكون فضاء خلاء . وهذه المادة التي وهي في حالات خاصة من الحركة نحس بها مادة فيزيقية — هذه المادة في حالات أخرى من الحركة يحس بها أهل العالم الأثيري كما نحس نحن بالمادة الفيزيقية . وإذن يكون لهم عالمهم الملموس كما لنا عالمنا الملموس وهكذا . أما كم عالماً مختلفاً أو كم مكاناً فأهولاء توجد فيتوقف على العقل ، فبدون العقل لا يوجد شيء ، ولن يحس بالمادة — فيزيقية كانت أم أثيرية — إلاَّ إذا وجد العقل.

« وعلى ذلك يكون منطقيًّا قولك إنه لا مادة حيث لا عقل ، وإن الكون يمكن أن يختزل إلى شيء واحد هو الذي نسميه العقل ، ولكن هل نستطيع أن نتصور العقل بدون شيء يؤثر فيه هذا العقل ؟ إنما نحن نقدر وجود العقل وهو يؤثر في المادة ، فالعقل والمادة لا بدَّ أن يكونا متلازمين على الرغم من تباينهما — إذ أن أحدهما إيجابي والآخر سلبي . وعلى ذلك فالاسم الذي أطلقناه على الشيء الذي يتكوَّن الكون منه ، وهو المادة ، لا بدَّ أن يتضمن هاتين الحالتين الايجابية والسلبية ، يجب أن يكون اثنينيًّا في طبيعته إذ أن الواحد بدون الآخر لا يمكن تصوره ».

الفصل الرابع

عجيبة الراديوم

وددت لو أن أولئك الآباء أهل الحجا والحزم فكروا جدياً في الفرق بين التعاليم الظنية العقيدية والتعاليم التجريبية لكي يستوثقوا بأنفسهم من أنه ليس في طاقة أساتذة العلوم اليقينية التجريبية أن يغيروا رأيهم بحسب الهوى

« غاليليو »

لو أنك رأيت بضع حبات من الراديوم لبدت لك في مظهرها عديمة الرجاء كغيرها من ألوف الأشياء . ومع ذلك فقصة الراديوم يعرفها كثيرون منا . فاستكشافه من بين أطنان من مادة لا رجاء فيها بوساطة تلك السيدة الموهوبة التي ما كان ينفد لها صبر ، وهي مدام كوري Curie التي توفيت في صيف سنة ١٩٣٤ وهي تواصل أبحاثها ، وكذلك عنه الخيالي وقدرته العجيبة الشافية — كل هذه أشياء معروفة . ولكنا سنبحث فيه من حيث استجلائه طبيعة المادة. ولقد شرحنا النظريات الخاصة بالبناء الذري دون الاشارة إلى الراديوم وأشقائه من العناصر ، مع أن هذه النظريات في الحقيقة لم تعرف إلا عن طريق المعلومات التي حصل العلماء عليها من هذه المواد المشعة

وخاصية الراديوم الجوهرية أنه مادة تتغير ، فهو إذن ليس كالذهب أو السناج أو الزجاج أو الماس . إنه يختفي باستمرار بسرعة بطيئة جداً ولا يمكن أن يمنع اختفاءه شيء . وذراته تنفجر واحدة بعد أخرى فيخرج منها غاز الهليوم تاركاً غاز الرادون radon الذي يتغير بدوره أيضاً وتتوالى التغيرات فتشمل سلسلة من ذرات مختلفة الأنواع ، وأخيراً يتغير الراديوم كله ويستحيل رصاصاً . وعندئذ تقف سلسلة التغيرات الطويلة هذه لأن ذرة الرصاص ثابتة لا تتغير . ويمكن تشبيه الراديوم ببناء سُقف بقطع من الورق المقوي ، فالسقف لا يمكن أن يعمر طويلاً لأنه إذا ما سقطت ورقة منه تساقطت الأوراق تباعاً إلى أن تصل إلى البناء المتين السليم فيبقى ويستقر . ولكن الأوراق في ذرة الراديوم ليست هادئة ولا خامدة ، بل هي جسيمات دقيقة كهربائية دوارة تنطلق من قلب الذرة ومن أجزائها الخارجية . وتستطيع أن تحكم بنفسك على سرعتها بمشاهدة بسيطة . خذ ساعة صنعت أرقام مينائها من الدهان الراديومي العادي

المضيء ثم افحص بدقة هذه الأرقام بعدسة مكبرة في حجرة مظلمة بعد أن تكون ركزت عينيك عليها تماماً . إنك ترى الدهان يتلألأ فيه نقط صغيرة ضوئية دائبة التغير يتطاير شررها باستمرار (١) وتدل كل شرارة من هذا الشرر الضوئي على تمزق إحدى ذرات الراديوم . فاذا ذكرنا أن الذرة صغيرة وخفيفة أمكننا أن ندرك شيئاً عن القوة التي تحدث بها هذه الانفجارات الذرية

وليس الراديوم المادة الوحيدة الخاضعة لمثل هذا التفكك المستمر ، ولكنه يختلف عن غيره في قوة انفجاراته . فالعناصر الأثقل من البزموت والرصاص غير ثابتة ، وهي تنفجر بنفس الطريقة . واليورانيوم ، وهو أثقل العناصر ، ٢٣٨ إلكتروناً ومثلها من البروتونات في كل ذرة وهذا كثير جداً على البناء الثابت الذي يراد منه ألا يتفكك . وعنصر الثوريوم الذي يوجد بذرته ٢٣٢ إلكتروناً و ٢٣٢ بروتوناً أيضاً مثل آخر أكثر شيوعاً إذ أنه يوجد في شبكة المصباح الغازي العادي . ويمكن إثبات وجوده بسهولة ، وذلك بأن تضع قطعة من الشبكة فوق لوحة فوتوغرافية حساسة ، ثم تتركهما أسبوعاً بعد أن تكون خبأتهما حتى لا يصلهما ضوء . فترى اللوحة تأثرت بعد هذا الوقت وتظهر فوقها صورة للنسيج . وسبب ذلك أن الأجزاء المنطلقة من ذرات الثوريوم عند إصابتها اللوحة تغيرها كما يغيرها الضوء . واستكشفت هذه المواد المشعة سنة ١٨٩٦ حينما وجد هنري بكريل H. Becquerel أن لوحاته الفوتوغرافية قد تلفت من جراء وضعها قريبة من بعض خام الأورانيوم

والراديوم نادر الوجود جداً في بعض الخامات ، واستخلاصه منها مجهد ويكلف كثيراً ويجيء معظم إيراده في العالم من صخر الكارنوتيت الذي يوجد في الولايات المتحدة . ويوجد الراديوم بنسبة قمحة لكل عشرة أطنان من هذا الصخر . وثمنه غال جداً إذ أن ثمن الأوقية الواحدة منه نصف مليون من الجنيهات والمعامل التي تحرزه قليلة جداً فضلاً عن أن ما يحرزه المعمل الواحد منه لا يتعدى جزءاً من مائة جزء من الأوقية . ومن حسن الحظ أنه توجد وسيلة دقيقة جداً لوزن مقاديره المتناهية في الصغر ، وذلك باستعمال جهاز الالكتروسكوب أي الكشاف الكهربائي . فهذا الكشاف إذا لمسه قلم أبنوس مدلوك بقطعة من الصوف أي مشحون بالكهربائية فان ورقتيه الذهبيتين الرقيقتين تنفرجان بزاوية ما ، وكل ورقة تميل بزاوية ما على الاتجاه الرأسي . وتظل الورقة كذلك إلا إذا فقدت بعض جزيئات الهواء إلكتروناتها (٢) . فاذا وجدت أية مادة مشعة بالقرب من الكشاف فان الجسيمات المتطايرة من ذراتها المتفككة تصطدم بجزيئات الهواء ، وتطرد بعض إلكترونات هذه الجزيئات من أماكنها ، فتبدأ الورقة الذهبية في الهبوط . وبقياس

---

(١) يرى ذلك بشكل أتم وأجل في منظار الشرر spinthariscope الصغير الذي اخترعه سير وليم كروكس (٢) عندما يحدث هذا يقال للهواء انه متأين ionized

سرعة هبوطها يمكن وزن مقدار الراديوم أو غيره من المواد التي تشبهه . وهذه الطريقة بالغة الحد في الحساسية والدقة ، وبها يمكن قياس الوزن لغاية جزء من مائة بليون جزء من جرام الراديوم . ومعلوم أن هذا القدر لا يمكن وزنه بأدق الموازين الموجودة

فما الذي يفشيه الكشاف الكهربائي إذن من أسرار هذه الجسيمات المتطايرة من ذرة الراديوم المتفجرة ؟ الجواب على هذا السؤال يتكامل سنة بعد أخرى ، ويصح أن نشير إلى أن معامل باريس وفينا وكمبردج لها القدح المعلى في هذا الصدد . ولقد وجدت إلكترونات تنطلق بسرعات مختلفة تمتد الى ١٦٠٠٠٠ ميل في الثانية ، وهذه هي المعروفة بجسيمات بيتا beta particles وكذلك وجدت جسيمات ألفا alpha الثقيلة الوزن التي تتألف من أربعة بروتونات وإلكترونين والتي تنطلق بسرعة ٩٦٠٠ ميل في الثانية . ويلاحظ هنا بوجه خاص أن البروتونات المفردة لا تظهر ، وذلك لأن وزن جسيم ألفا يعادل دائماً وزن أربعة بروتونات، وقد قيس هذا الوزن عن طريق الانحرافات المغناطيسية الكهربائية كما هو الحال مع الأشعة المهبطية . ويكون وزن هذا الجسيم إذن معادلاً وزن ذرة هليوم ، فاذا ما حصل على إلكترونين استحال ذرة هليوم ويستغرق الجرام الواحد من الراديوم ستًّا وتسعين سنة لكي ينتج بوصة مكعبة واحدة من غاز الهليوم الذي يعادل ضغطه الضغط الجوي العادي . ولكن رذرفورد استطاع مع هذا أن يحصل من الراديوم على قدر من الهليوم كافٍ لأن يدركه الاسبكتروسكوب ويميزه . ومعنى هذا أن البروتونات وهي مستقرة في نواة ذرة الراديوم قبل انفجارها مترابطة في إضمامات مكونة من أربعة يضاف لكل إضمامة إلكترونان . ومن الجائز أن تكون البروتونات كلها تقريباً في نويات العناصر الأخرى جميعها على هذه الصورة ، أي على شكل جسيمات ألفا . ويوجد بالفعل في نواة الراديوم ٢٢٦ بروتوناً ، أي أنهُ يوجد ست وخمسون إضمامة ذات أربعة بروتونات ثم بروتونان اثنان . وهذان لا يظهر لهما بتاتاً أثر في الانفجارات ، ولعلَّ ذلك راجع لتعمقهما في النواة

قد يدهش القارىء لهذه السرعات الهائلة التي تسير بها الجسيمات، فالالكترونات تكاد تسير بسرعة الضوء ، أما البروتونات فسرعتها أقل ولكنها تحتوي على طاقة أكبر كثيراً من طاقة الالكترونات لأنها أثقل منها ألوف المرات. وطاقة البترول المحترق في آلة احدى الطائرات القوية ليست شيئاً مذكوراً إذا قيست بطاقة هذه الجسيمات الطيارة ، على شريطة أن تكون المقارنة بين مقادير متساوية من المادتين . فأوقية الراديوم تعطي طاقة تعدل الطاقة التي تعطيها سبعة أطنان من الفحم — غير أن طاقة الراديوم هذه لا يمكن الحصول عليها بسرعة بل يجب أن

تمضي بضعة آلاف من السنين قبل الحصول عليها . والطاقة كائنة في حركة الجسيمات المنطلقة وتظهر على شكل حرارة إذا أعيقت هذه الجسيمات عن الحركة . وعلى ذلك فقليل الراديوم الموضوع في أنبوبة يكون دائماً أسخن مما يحيط به من الأشياء ببضع درجات . ويمدنا جرام الراديوم وهو في حالته العادية كل ساعة بمائة وخمسة وثلاثين سعراً . ولو أن الجسيمات المنطلقة من بضع حبات من الراديوم تحبس في مقدار من الماء يعادلها وزناً لغلى هذا الماء في ظرف أربعين دقيقة تقريباً . ويوجد قليل جداً من الراديوم في أرضنا هذه ، وهو وغيره من المواد المشعة يرفع من درجة حرارة الأرض كما أثبتت ذلك الأقيسة والتقديرات الدقيقة المعقولة . وما كانت طاقة ذرة الراديوم مجرد تحفة علمية ، بل هي مفيدة أيضاً لحياة الانسان . وسنعود الى هذه النقطة فيما سيجيء

هذه الانفجارات الفجائية للشحنات الكهربائية لا يمكن أن تمضي دون إحداث نبضات قوية جداً من القوة الكهربائية . وهذه النبضات تنبعث في الوقت عينه إلى جميع أنحاء الفضاء المجاور وتستطيع هذه الموجات الأثيرية أن تنفذ خلال المواد الحاجبة ذات السمك الكبير غير العادي فهي في الحقيقة نوع من أشعة إكس . وهي تسمى أشعة جاما gamma وتبلغ أطوالها الموجية في المتوسط حوالي جزء من عشرين بليون جزء من البوصة ، وتكوّن طيفاً واضحاً هو أحد الخواص المميزة للمادة المشعة لها . وتستطيع أن تخترق الحديد الصلب الذي سمكه ١٦ بوصة ، وهذا يزيد عما تستطيعه أشعة إكس المعروفة الأطول موجة . على أننا لو أردنا إحداث أشعة إكس من التي لها هذا الجهد لاحتجنا إلى ضغط كهربائي قدره مليون ڤولط . وقد أمكن حديثاً لحسن الحظ الحصول على هذا القدر العظيم في أميركا، ووجد أنه يولّد في الهواء شرارة طولها تسعة أقدام

بعد هذا لم تبق حاجة إلى حجر الفلاسفة لأحداث التحول في عناصر مجموعة المواد هذه التي تشبه الراديوم . وكان قد أدى البحث الطويل بكيميائي القرن التاسع عشر إلى الاعتقاد بأن الذرات ثابتة لا تتحول . ولكننا نجد الآن أن بعض العناصر يمكن أن تتغير وتستحيل عناصر أخرى ، غير أننا مع الأسف عاجزون عن ضبط هذه القوى التي نراها تعمل ، قاصرون عن مراقبتها والسيطرة عليها ، ففي ظرف ٢٥٠ سنة تتحول ذرة من كل عشر ذرات من الراديوم وتصير ذرة رادون ، ولا يمكن للحرارة أو البرودة ، ولا للتفاعل الكيميائي أو الضغط الميكانيكي أن يغير هذه النسبة أدنى تغيير . وهذا البطء في التحول قاصر على الراديوم نفسه ، أما بعض العناصر الأخرى المشعة فانها تتحلل بأسرع من ذلك — في بضعة أيام أو حتى في بضع ثوان . أما عن ذرات العناصر الأخرى غير المتغيرة فيوجد فيما عرف حديثاً عن الذرة الشيء الكثير

الذي يشجع الكيميائي الحديث . فنحن نعرف الآن أن ذرة الزئبق تختلف عن ذرة الذهب في أنها تشتمل على أربعة بروتونات وثلاثة إلكترونات زيادة في النواة وعلى إلكترون واحد زيادة في الأفلاك الخارجية . فاذا أمكن الوصول لأزالة هذه الجسيمات الزائدة أمكن أن يستحيل الزئبق ذهباً. ولا ندري أيلقى الناس من وراء ذلك خيراً أم شراً ؟ ! ويدعي البعض أنهم نجحوا في ذلك باستعمال قوى كهربائية قوية ، وإن تكن دعاواهم لم تتحقق ، ولكن من الجائز أن يصلوا الى هذا التحول المنشود (١)

وفي الوقت نفسه قد توصل رذرفورد ببعض تجارب مدهشة إلى إحداث تحولات ذرية لكنها ضيقة المدى . وطريقته في ذلك أنه أطلق جسيمات ألفا السريعة على ذرات جملة عناصر بشكل مكنه من تسجيل وجود أي ناتج جديد . ومن السهل أن تحدث اصطداماً بين الجسيمات وبين الذرات ، ولكن من النادر جداً أن تصاب نواة الذرة ، إذ المعروف أن حجم النواة صغير جداً ، وبذلك تكون فرصة إصابتها نادرة . ولكن قد يحدث أن تصاب النواة وبذلك تتحطم الذرة . واستطاع رذرفورد أن يميز ذرات الايدروجين المتولدة من الذرات المعتبرة آباء لذرات العناصر الخفيفة جميعها ما عدا الكربون والاكسيجين . فهي مثلاً قد تولدت من الألومينيوم ، بل إن من الثابت أيضاً أن بعض ذرات الألومينيوم قد تحولت فعلاً فصارت ذرات مغنسيوم ، ولو بصفة مؤقتة على الأقل حينما أزيل هذا الجزء الخفيف الزائد . وهذا بلا شك تحول للعناصر مدهش وممكن . غير أن مقدار المادة المتحولة صغير جداً . وقد دل الحساب على أنه إذا أطلق جرام كامل من الراديوم جسيمات ألفا على الألومنيوم لمدة سنة فاننا نحصل على جزء من ألف جزء من المليمتر المكعب من الايدروجين ! وهذا المقدار صغير جداً لأن فرص إصابة النواة قليلة جداً . ويستغرق طيران الجسيم من الوقت جزءاً من مائة مليون جزء من الثانية ، وهو في غضون ذلك الوقت يخترق مائة ألف ذرة ، ومع ذلك فان جسيمين فقط من كل مليون من هذه الجسيمات يمكن أن يصيبا نواة ذرية . والحق أن هذا البليارد الذري ليس من الألعاب السهلة

وأبلغ من هذا أن يصل عالم فيزيقي آخر من كمبردج اسمه ولسن C. T. R. Wilson إلى جعل لعب البليارد الذري هذا منظوراً . إنه لم يستطع في الحقيقة أن يرينا ذرات فردية ، ولكنه استطاع أن يظهر الطريق الذي تسلكه ذرة بمفردها ، وأن يدوّن عدد المصادمات التي لاقتها في طريقها . وأساس هذه التجارب بسيط أيضاً . فكلنا نعرف أن الضباب أو الندى يتكاثف من الهواء الرطب إذا برد هذا الهواء . ونعرف أنه لا بدَّ أن يكون لنقط الماء الصغيرة التي تكوّن الضباب مراكز أو نويات تتجمع حولها كل نقطة . وهذه المرتكزات في العادة

(١) يقول الدكتور أندريد استاذ الفيزيقا في جامعة لندن في كتابه « الكيمياء الجديدة » انه أمكن تحويل اللثيوم والبورون الى هليوم والنتروجين الى أكسيجين

هي دقائق التراب المتناثرة في الهواء . فالذرة المتكهربة تقوم مقام مرتكز نقطة الماء تماماً . فاذا فقدت الذرة أو كسبت إلكتروناً تتكوّن فوقها نقطة إذا برد الهواء الرطب . وقد وصل ولسن إلى بضع وسائل مكنت هذه النقط من أن تتكون وترى بغاية الوضوح. فاذا كان أحد جسيمات ألفا طائراً في الهواء سالكاً أقصر طريق فانه يترك أثراً للذرات المتكهربة ويصبح هذا الأثر منظوراً كأنه خط أبيض من نقط مائية بمجرد أن يبرد الهواء . وعندنا لطخة الراديوم في إحدى أواني ولسن بمنظر عجيب جداً ، فان إطلاقها باستمرار لجسيمات ألفا يظهر على شكل مروحة متألفة من خطوط بيضاء نرى مئات منها كلما أجريت التجربة . وفي النادر جداً نرى بعض الخطوط يحيد حيدة كبيرة ، وهذا يحدث حينما يلطم الجسيم نواة ذرية ثم يرتد بشدة من جراء التصادم . وهناك خطوط أخرى ضعيفة متقلقلة نرى أيضاً مقتفية أثر جسيمات بيتا ، وهي تلك الالكترونات السريعة التي تؤين هي أيضاً الذرات التي تخترقها ، والتي لخفتها يتغير اتجاهها إثر كل اصطدام ذري . وتسمى خطوط النقط هذه مسارات الشعاع ، ويمكن تصويرها فوتوغرافياً ، ومن ثمَّ نستطيع أن ندرك بسهولة أن هذه الطريقة تمدنا بوسيلة جيدة قيمة للبحث في ميكانيكا الذرة . وتؤخذ صور ولسن الفوتوغرافية هذه في كثير من المعامل وتفحص جيداً ، وكانت النتيجة أنها حققت كل التحقيق الآراء المتعلقة بالعمليات الأشعاعية التي نبحث فيها . فمثلاً حقق بلاكت Blackett الكمبردجي ما رويناهُ هنا عن ندرة الاصطدام النووي ، فقد وجد في ٢٧٠٠٠٠ صورة فوتوغرافية ثمان حالات فقط لاصطدامات مباشرة محطمة بين النويات الذرية

وأخيراً يجدر بنا أن نشير إلى قوة الراديوم في العلاج ، فان تأثير الأشعة في الأجسام العضوية قوي بطبيعته فاذا تعرضت بشرة الأنسان لجسيمات بيتا احترقت . ومن حسن الحظ أن البشرة المريضة أو اللحم المريض أقل مقاومة من السليم . وعلى ذلك يمكن استخدام الراديوم بأمان في ابادة الأجزاء المريضة الموبوءة فيبقى الجلد السليم دون أذى محسوس إلاَّ إذا كان الراديوم قوياً جداً . ومن ثمَّ يمكن إبراء الثؤلول البسيط باشعاع قدره ٤٠ ميلي-كوري – (١) ساعة مرشحاً خلال ألومنيوم سمكه مليمتران . ولمداواة القروح الأكالة نحتاج الى ٢٠٠٠ ملي — كوري — ساعة . ويمكن تسليط الطاقة وتوجيهها إلى حيث يراد ، وتبقى كذلك دون وجود آلة تكلفنا كثيراً وذلك باستعمال أنابيب صغيرة تحتوي على الراديوم أو على أحد مشتقاته . والراديوم نفسه غالي الثمن جداً ، والموجود منه الآن في أحد مستشفيات لندن الكبرى هو نصف جرام مقسم الى ٢٢٠ جزءاً ، وكل جزء موضوع في إناء خاص . ويقدر ثمن كل من هذه الأواني في الوقت الحاضر بأربعين جنيهاً

(١) الملي كوري هو مقدار غاز الرادون الفعال كيميائياً المعادل لمليجرام من الراديوم النقي

الفصل الخامس

أشعة إكس والضوء فوق البنفسجي

> توجد بعد الضوء البنفسجي موجات أقصر وأسرع اهتزازاً — وهي الموجات فوق البنفسجية التي يقدرها الفوتوغرافي قدرها . . . .
> أما أشعة اكس فهي النهاية القصوى لسلسلة الموجات هذه أو هي أعلى جواب ضوئي . وتدل قدرتها النفاذة على أنها متناهية في الصغر ولكنها هي أيضاً لم تحتفظ بسرها بل أفضت به الى الفيزيقي الحديث
> « ج . آرثر طمسن »

سندرس في هذا الفصل والذي يليه بعض الموجات الأثيرية في شيء من التفصيل ، وبعد ذلك نعود إلى معلوماتنا عن المادة وبنائها فنخطو بها خطًى أخرى

بعض هذه الموجات يحوم حولنا باستمرار في شكل ضوء وحرارة وبعضها قد انتفعنا به في السنين الأخيرة وكان أداة لهو وسرور لنا — ونقصد به الموجات اللاسلكية والأشعة فوق البنفسجية وأشعة إكس ، وبعضها هو تلك الأشعة الكونية الأنفذ من هذه الموجات كلها ، والتي لم تدرس إلاّ أخيراً ، والتي لا تزال تكتنفها الأسرار . وهذه الموجات جميعها واحدة في طبيعتها كما مرّ بنا . وليس صعباً أن نرسم لها صورة عقلية بسيطة فاذا تصورنا أن شعاعاً واحداً قد صدّ عن سبيله فوقف فجأة ثم فحصناه لوجدنا أنه توجد عند كل نقطة على طوله قوة كهربائية وأخرى مغناطيسية . وإذا بدأنا من نقطة ما وسرنا مع الشعاع فاننا نجد القوة الكهربائية تتناقص شيئاً فشيئاً كلما تقدمنا إلى أن تختفي في نقطةٍ ما، فاذا سرنا بعد ذلك عثرنا عليها ثانية وإنما في اتجاه مضاد ، وبعد ذلك تختفي ثم تظهر منعكسة مرة أخرى وهكذا . وهذه القوة لا يمكن لمسها أو الشعور بها كتلك القوة التي تحيط بالقلم الأبنوس بعد دلكه . ولكنها تقاس، ومقاديرها المقيسة المتغيرة بتغير النقط على طول الشعاع يمكن أن تحلل وتضبط وتفهم . وقد توجد قوة في إحدى نقط الشعاع ، وعلى بعد بوصة منها على طول الشعاع توجد قوة أخرى مماثلة لها في القدر فيقال إن لهذا الشعاع طولاً موجياً قدره بوصة واحدة . وفي الموجة القصيرة قد تبلغ هذه المسافة بين النقطتين جزءاً من بليون جزء من البوصة فقط، وقد تبلغ في الموجة الطويلة ميلاً ويزيد

ولا تسير القوة الكهربائية الموجودة في أي نقطة من نقط الشعاع في اتجاه طولي بالنسبة

إليه، بل تكون دائماً في إتجاه مستعرض ، وهذا يجعل هذه الموجات تختلف اختلافاً جوهرياً عن الموجات الصوتية ، حيث تكون القوة التي تدفع جزيئات الهواء جيئةً وذهاباً طولية أي في اتجاه الموجة . وعدا هذا فالقوة الكهربائية مصحوبة دائماً أبداً بقوة مغناطيسية ، غير أنه إذا كانت الموجة الكهربائية تقطع الشعاع من جانب لآخر فان القوة المغناطيسية تقطعه أيضاً وإنما من أعلى إلى أسفل.فهي إذن موجات كهربائية مغناطيسية أو « كهرطيسية » كما اصطلح على تسميتها

ربما أظهر هذا التصوير السريع للموجة أنها في حالة سكون . ولكن الواقع أن هنالك تغيراً يحدث فيها بالفعل كلما تقدمت الموجة ، وفوق هذا فان نفس التغيرات التي توجد في الموجة الساكنة تراها تتكرر عند كل نقطة في الموجة الحقيقية . تصوّر موجة ماء تطفى على قطعة فلين طافية . فقطعة الفلين ترتفع وتنخفض كلما سارت الموجة . وثق أنه لا شيء يتحرك عند ما تسير الموجة الكهرطيسية في فضاء فارغ ، ولكن القوة تتغير بانتظام عند كل نقطة . فاذا حدث أن وجد قليل من الكهربائية في إحدى النقط ، كأن وجد إلكترون مثلاً ، فانه يتحرك جيئةً وذهاباً في اتجاه عمودي على اتجاه الموجة عند ما تمر به هذه الموجة . وتتغير سرعة هذه التراوحات بتغير الموجات فتبلغ مليون مرة في الثانية أحياناً ، وأحياناً تبلغ بليوناً .أما في موجة الضوء الأحمر فتبلغ ٥٠٠ بليون مرة في الثانية ، وذلك هو ما يسمى تردد الموجة أي عدد ذبذباتها . أما سرعتها فما أسهل الحصول عليها إذ ما علينا إلاّ أن نضرب تردد الموجة في طولها .فاذا كان طول الموجة ربع ميل وترددها ٧٤٤٠٠٠ في الثانية فان سرعتها تساوي $\frac{1}{4}\times$٧٤٤٠٠٠ أو ١٨٦٠٠٠ ميل في الثانية

وتتساوى الموجات الكهرطيسية جميعها في السرعة عبر الفضاء الخلاء ، وتكون سرعتها ١٨٦٠٠٠ ميل أو ٣٠٠٠٠٠ كيلومتر في الثانية . أما خلال المواد فالموجات تبطيء عن ذلك ، فمثلاً إذا انطلق الضوء في الماء فانهُ يسير بسرعة تعدل ثلاثة أرباع سرعته العادية ، وتتوقف نسبة الابطاء على اللون . ولو كانت الموجات تسير كلها بسرعة واحدة ما ظهرت لنا أقواس قزح البتة . ولا يفتك أن تذبذب الموجة الواحدة واحد في العدد سواء سارت في الماء أم في الفراغ ، ولكن طول الموجة يكون أقصر قليلاً

وإذا نحن انتقلنا بعد ذلك إلى درس الموجات بالتفصيل فالطبيعي أن نبدأ بأقصرها ، وهي تلك « الموجات النفاذة » الخفية التي كان يحسن تسميتها باسم كلهرستر Kolhorster أو باسم هيس Hess اللذين بحثا فيها معاً قبل الحرب في سياحات في أعالي الجو حيث طارا غير مرة في منطاد لهذا الغرض . وقد سماها الاستاذ ميليكان Millikan العالم الفزيقي الاميركي الشهير « الأشعة الكونية » وكان قد والى درسه إياها مقتفياً أثر ذينك الألمانيين . وتصل هذه

الأشعة إلى الأرض قادمة من مكان مجهول في السموات . أما إدراك هذه الأشعة فلم يكن إلاّ عن طريق واحد هو قدرتها على تأيين الهواء ، أي على طرد إلكترونات من جزيئات الهواء فتتكهرب من ثمّ . وتأيين الهواء هذا يحدث انخفاضاً بطيء الحركة في ورقة الكشّاف الذهبية. وهذه الأشعة نفّاذة بشكل خارق للمادة ، وهي تفقد نصف قوتها فقط في اختراقها اثني عشر قدماً من الماء أو ثماني عشرة بوصة من الحديد الصلب . وهي تخترق من الرصاص ما سمكه خمس ياردات ، ومن أمثال هذه الأقيسة استنتجوا أن طولها الموجي حوالي جزء من بليوني جزء من البوصة ! أما عن إحداث مثل هذه الموجات في المعامل فنحن عاجزون تماماً ، وكل ما وصل إليه العلماء في تقصي مصدرها السماوي هو أنها نتيجة إبادة المادة — ولقد مرّ بنا ذكر ذلك في الفصل الثالث . نحن لا نستطيع أن نوجد من العدم مادة — أي إلكترونات وبروتونات — أو نبيد إلى العدم أخرى فوق هذه الأرض ولكن إذا كانت هاتان العمليتان تحدثان داخل النجوم من جراء الحرارة والضغط النجميين العظيمين فقد تكون هذه الأشعة إحدى نتائجهما . ويجوز أن يصطدم إلكترون ببروتون فلا يحدثان بتصادمهما شيئاً إلاّ إشعاعاً ، ويجوز أن تتحد أربع ذرات إيدروجين لتكون ذرة هليوم ، فتبدو الكتلة الضئيلة التي تعدم خلال هذه العملية إشعاعاً . وهذا الأشعاع الكوني يخترق جسومنا ليلاً ونهاراً ، ولا ينجينا منه انحدارنا إلى منجم أو انغمارنا في اليم . وهو من الشدة بحيث أنه يحلل من أجسامنا في كل ثانية ملايين الجزيئات . وقد يكون ضرورياً للحياة ، وقد يكون قاضياً عليها ، وعلم ذلك عند الله

وبعد هذه الأشعة في ترتيب الطول الموجي تجيء أشعة جاما المنبعثة من الراديوم ، وقد تكلمنا عنها في الفصل السابق ، وتليها أشعة إكس . وهذه تتولد في الأنابيب المفرغة عند ما تصيب إلكترونات أشعة المهبط أي هدف . ولا يمكن اقتناص إلكترون من هذه الأشعة المنطلقة دون إحداث رجة في القوة الكهربائية المنتشرة في الفضاء المحيط به — وهذه الرجة هي شعاع إكس . فاذا كانت سرعة الالكترون كبيرة وكان الهدف ثقيلاً كان الشعاع «عسراً»[1] وكان طوله الموجى قصيراً — حوالى جزء من ستمائة مليون جزء من السنتيمتر . أما إذا كان الشعاع «يسراً»[1] ذا طول موجى يبلغ قدر ذلك ستين مرة فانه يكون أسهل توليداً ، ولكنه لا يحاكي زميله في ثخانة المادة التي يستطيع أن يخترقها . وحينما يسير شعاع إكس خلال المادة يفقد طاقته باحداث حركة في إلكتروناتها وذراتها ، وهذا الفقدان يتناسب وكثافة المادة . وعلى ذلك فاذا احتاج الأمر لحائل يوقف نفاذ هذه الأشعة فيحسن صنعه من الرصاص . ولهذا يلبس المشتغلون بأنابيب أشعة إكس القوية قفافيز ومعاطف مصنوعة من

(١) يسمى الاستاذ نظيف بك هذين الشعاعين «اليابس والرخو»

المطاط المنقوع في أملاح الرصاص . أما الأنبوبة نفسها فتوضع في صندوق من الحديد أو الرصاص لا تكون له إلا فتحة واحدة تخرج منها الأشعة

ومن السهل أن نطلق إلكترونات على هدف داخل أنبوبة مفرغة . وذلك في الحقيقة هو سر إحداث أشعة إكس التي استكشفها سنة ١٨٩٥ الأستاذ رنتجن Rontgen بمهارته التي واتاها الحظ والمصادفة . لقد كان إتلاف صندوق لوحات فوتوغرافية بأكمله للمرة الثانية بصيص النور الذي أدى إلى هذا الاستكشاف . وطريقة الحصول على حزمة قوية منتظمة من هذه الأشعة تدخل بنا في بعض مصاعب فنية . فالالكترونات المنسابة هذه هي على ضآلتها من القوة بحيث إذا خصت بسرعة عظيمة أمكنها أن تصهر أشد الأجسام استعصاء على الحرارة ، وهي البلاتين والتنجستن ، ومن ثم كان من اللازم اتخاذ وسائل لتبريد الهدف . فجزيئات الغاز التي يجب أن تبقى في الأنبوبة لتقديم الالكترونات اللازمة تدفع إلى الاشتراك في العملية ، فتمتصها على غير انتظام جدران الانبوبة ، وهذا يعوق انتظام سير العمل . ولكن عبقرية الدكتور كولدج الاميركي Dr. Coolidge قد تغلبت على هذه العقبة في أنابيبه الطريقة التي اخترعها لتوليد أشعة إكس ، حيث استغنى فيها عن الغاز وأخذ الالكترونات اللازمة من سلك قصير يسخن إلى درجة الابيضاض بجهاز تسخين كهربائي منفصل . وعدا هذا فقد تحطم الالكترونات الضالة الشاردة جدران الأنبوبة القوية الزجاجية بعد أن تنهكها فتودي بها على الفور . فلم يكن هيناً إذن أن تصل الأنبوبة الحديثة إلى حال كمالها الراهنة المدهشة

ولا يسع كل من رأى صورة فوتوغرافية لجزء من جسم الانسان مأخوذة بأشعة إكس إلا أن يعجب بدقتها ، وإلا أن يقدر لها خطرها العظيم . فجميع تفصيلات الجزء المرسوم يسهل جداً درسها وفحصها . ومعلوم أن الفرق بين كثافتي الجلد والعضل طفيف جداً ، والأشعة تخترق كلاً منهما بسهولة ، ولكن هذا الفرق الطفيف كاف لأحداث فرق في درجة سواد الظل الواقع على اللوحة متى كانت قوة الأشعة مناسبة . وفوق هذا فان المشتغلين بالتصوير الفوتوغرافي بأشعة إكس يقومون بخدمة جليلة للمصانع ومحال اختبار السلع حيث يوجهون أشعتهم إلى الأجزاء الخفية في الآلات وإلى سبائك الفلزات ووصلات الخشب فيكشفون خباياها . ولقد أدخلت الأشعة حديثاً في بعض دور الصناعات وصاروا يختبرون بها كل يوم ألفي سلعة ، فأمكنهم بذلك كشف العيوب الداخلية من شقوق وكسور . وليس تأثير أشعة إكس قاصراً على تعتيم اللوحات الفوتوغرافية بل إن لهذه الأشعة أيضاً القدرة على جعل بعض المواد تضيء في الظلام وجرت العادة أن يوضع حائل مغطى باحدى هذه المواد (١) ، معترضاً طريق الأشعة بعد أن

(١) أكثرها استعمالا مادة تنجستات الكدميوم Cadmium tungstate

تكون قد مرت خلال الجسم المراد فحصه ، فتظهر التفصيلات على الفور في الصورة الظلية الصفراء الواضحة البرّاقة ، ويمكن اختبار قلب قرص من الجبن أو كرة الجولف للتحقق من حجم الجيوب في الأول ومن انتظام الثاني . بل يمكن أيضاً كشف صورة رسمتها ريشة أحد مشاهير الرسامين القدماء وذلك لوجود الرصاص الأبيض في دهان الصورة . بل قد يرى بسهولة أثر العلاج بالبزموت في الجهاز الهضمي لأي مريض — وبالاختصار قد أصبح كل فن من الفنون يستمد من أشعة إكس عوناً كبيراً

أضف لذلك أن قدرة أشعة إكس على إبراء الأمراض تضاهي قدرة أشعة الراديوم . وقد تتلف منسوجات الجلد بمرور الأشعة — وما زال العلماء يذكرون التضحية الباسلة التي أقدم عليها رجال من طراز الدكتور بروس Dr. Bruce والدكتور إدوردز Dr. Edwards اللذين مضيا في استعمال الأشعة وخبرها قبل معرفتهما إتلافها الجلد فكلفهما ذلك حياتهما فكانا شهيدين من شهداء العلم . والأشعة اليسرة هي التي تضر الجلد ، فاذا صدت عنه ووجهت الأشعة العسرة إلى الجزء المريض من الجسم ، كالقرحة العميقة مثلاً ، فانها تبرئها تماماً . غير أن تفصيلات التفاعل بين شعاع إكس والجزيء العضوي ما زالت خفية ، ولكن التجارب الدقيقة قد دلت على أن القواعد الجديدة لممارسة علم الأشعة تجريبيًا أصبحت الآن مفهومة كل الفهم ، وتحققت للناس مقدرتها على إبراء الأسقام

ولنعد بعد ذلك إلى وجهة النظر الفيزيقية ، فنرى أنهُ لا مندوحة لنا عن الأشارة باختصار إلى المعلومات الحديثة الخاصة بالبناء الذري وعلاقته بأشعة إكس . لقد مرّ بنا أن شعاعاً من الضوء قد يرى حينما يضطرب أحد الالكترونات فيغادر محله ثم يسمح له بالعودة إليه . وقد وجدوا أنه كلما كان الألكترون أكثر تماسكاً في الذرة كانت اهتزازات الموجة الكهرطيسية التي تصحب عودته أسرع . ومن ثمّ كان لنا أن نتوقع صدور موجات صغيرة جدًّا من هذه الالكترونات القريبة من مركز الذرة القوي في كل الذرات ، لأن هذه الالكترونات شديدة الاحتفاظ بمداراتها . ولكنك إذا أثرت إلكتروناً خارجيًّا تلا ذلك حدوث ضوء منظور ، أما إذا أثرت إلكتروناً داخليًّا تلا ذلك حدوث شعاع إكس . ومع ذلك فلم نصل بعد إلى إثارة الالكترونات الداخلية — وهي إلكترونات النواة — بوسائل صناعية ، ولكننا نستطيع مشاهدة أشعة جاما التي تصحب الاضطراب النووي في الذرة المشعة . وسنشرح في الفصل الثامن الخاص ببناء البلورات كيف قيس الطول الموجي لأشعة إكس . وقد وجدوا أن أقصر الموجات تجيء من أثقل الذرات حيث تكون الالكترونات الداخلية محفوظة في أفلاكها أتم

حفظ بوساطة جذب النواة الثقيلة لها . على أنهُ يمكن من وزن الذرة في بعض الحالات أن نحسب طول وتردد شعاع أو أشعة إكس التي قد تحدثها إحدى الذرات . وكان نصراً عظيماً لنموذج بوهر الذري ، وقد مرَّ بنا شرحه ، أن تمكن من أن يبين بهذه الطريقة أسباب أطياف العناصر جميعها سواء كانت أطيافاً ضوئية أو أطياف أشعة إكس

ويقع الضوء فوق البنفسجي بين أشعة إكس والضوء المنظور ، وذلك من حيث سرعة الذبذبات . إنهُ لا يختلف عن الضوء البنفسجي المنظور في أكثر من أن طول موجته أقصر قليلاً ، وأما كونه غير منظور فراجع إلى خصائص العين البشرية لا إلى الموجة نفسها . وإذن فنحن مرغمون على استعمال أجهزة أخرى غير العيون عندما ندرس هذا الضوء فوق سطح الأرض . وأهم هذه الآلات اللوحة الفوتوغرافية ، وتليها العين الكهرضوئية Photo-electric cell وهي أنبوبة مكسوة من الداخل بغشاء من الصوديوم أو البوتاسيوم أو الكلسيوم أي من فلز قلوي ، وبها عارضة معدنية ، وتستعمل في أعمال الرؤية عن بعد لتحويل الأشعة الضوئية إلى تيارات كهربائية . وأساس هذه العين ذلك الاستكشاف الذي اشترك فيه كل من هرتز Hertz سنة ١٨٨٧ وهلواكس Hallwachs سنة ١٨٨٨ ، ومؤداه أنهُ إذا سقطت الأشعة على بعض مواد كالخارصين مثلاً فانها حينما تصيبها تقتلع منها إلكترونات . ويستطيع كشّاف كهربائي دقيق إيجاد عدد هذه الالكترونات ، ومن ثمّ يمكن قياس شدة هذه الأشعة . واللوحة الفوتوغرافية أسهل في الاستعمال ، وتستطيع تسجيل جملة أنواع من الموجات فوق البنفسجية ، أي من آخر الموجات الضوئية المنظورة التي طول الواحدة منها جزء من ستة عشر مليون جزء من البوصة إلى موجات أخرى لها ربع هذا الطول الموجي . وفي الحقيقة كان الدكتور رتر Dr. Ritter أول من استكشف هذه الأشعة سنة ١٨٠١ عن طريق الفوتوغرافيا . ويمكن فصلها من الضوء بوساطة لوحة من زجاج أسود اللون يحجب الضوء ولا يحجب الأشعة فوق البنفسجية . وضوء الشمس والمصابيح الزئبقية والمصابيح القوسية الأخرى غني بهذه الأشعة ، ولكنها لا توجد عادة داخل منازلنا إلاَّ إذا كان زجاج النوافذ مفتوحاً لأن الزجاج يحجب الموجود منها في ضوء الشمس وكذلك يحجب معظمها في تلك المصابيح

ومن خواصها المدهشة جداً أن بعض المواد تشع ضوءاً منظوراً إذا سقطت عليها هذه الأشعة غير المنظورة . فزجاجة من زيت البرافين تضيء بتأثير هذه الأشعة في حجرة مظلمة بضوء أزرق متلألىء . ويعطي المداد الأحمر الباهت بتأثيرها ضوءاً برتقاليًّا ، ويعطي الزجاج الأورانيومي الأصفر ضوءاً أخضر ، وتبدو بعض أنواع الأشرطة المصبوغة بالأصفر كأنها ذات لون برتقالي ، وبها يشع سليق ورق السبانخ ضوءاً أخضر ، أما المادة الخاصة التي تصنع منها

حواجز أشعة إكس فهي سيانور الباريوم البلاتيني وهي تضيء أكثر من هذه كلها دائماً بلون أخضر مصفر . وقد استعملوا ذلك زمن الحرب لأعطاء إشارات غير منظورة . وطريقة ذلك أن ترسل الأشارات في ضوء فوق البنفسجي حسب قانون مورس ، وتظل هذه الأشارات سراً مكتوماً لا يعرف حله إلا ذلك الراصد الذي جهز منظاره بقطعة صغيرة من الزجاج الأورانيومي فهو وحده الذي يستطيع أن يرى ضوءاً صغيراً يبهر عينه لحظةً بعد أخرى ، إذا ما كان منظاره موجهاً صوب محطة الأرسال فيستطيع وحده أن يقرأ الأشارة المرسلة

وفي الطب الحديث تستعمل الأشعة فوق البنفسجية بنجاح عظيم . وكانت الملكة ألكسندرا الأولى بين من أدخلوا هذه الأشعة في إنجلترا منذ أكثر من ثلاثين سنة بعد أن نجح استعمالها في بلاد الدنمرك ، وكان النوع المستعمل منها إذ ذاك هو ضوء فنسن Finsin . وقد عمّ استعمالها الآن بعد أن صارت نفقات توليدها قليلة ، وصرنا نرى في جميع المستشفيات المصرية تقريباً حجرات خاصة لهذه الأشعة ، بل في كثير من مستوصفات الأطباء نرى أجهزتها كاملة ومعدة للاستعمال في كل وقت . وعلى الرغم من ذيوع استعمالها فان طبيعة فعل هذه الأشعة لم تفهم بعد . أما مفعولها فيظهر أثره في تنبيه الجلد وتلوينه . وحينما تدبغ الشمس بشرتنا فتصير سمراء تكون تلك الأشعة غير المنظورة العامل الأول في ذلك . ولا أحدثك عن أثرها العظيم في حالات التدرن ، فقد ظهر نفعها في أعمال العلاج التي قام بها مستشفى الدكتور رولير Dr. Rollier في سويسرا ، حيث تحتوي أشعة الشمس الشديدة على هذه الأشعة ، وحيث يسمح لها الجو الرقيق غير المتكاثف بالمرور . ومصحات حلوان لها في هذا الصدد القدح المعلى . وتدين نباتات الجبال والحقول بألوانها الزاهية الجميلة إلى هذه الأشعة التي تنبهها فتحسن الأنتفاع بمواد التربة المغذية عن طريق الكلوروفلا ، فيطرد من ثمَّ نموها ويقوى . أما في إنجلترا فأهم مصدر لهذه الأشعة هو المصباح الزئبقي ، وإن تكن أشعة الشمس هناك أيضاً مصدراً لها وإنما على شريطة أن يكون زجاج النوافذ من النوع المنفذ لهذه الأشعة . ويزيد من آن لآخر عدد الأمراض التي تبرأ بهذه الأشعة . فالكساح والهزال والروماتزم في مراتبه الأولى والقوباء وعدة أمراض جلدية أخرى أمكن علاجها . على أنه من جهة أخرى إذا تداولت هذه الأشعة أيدٍ غير مجرَّبة فانها تكون خطرة جداً ، فتسبب للعين رمداً خطراً (إلتهاب الملتحمة) إذا لم توضع على العين نظارة سوداء ، وتسبب للجلد بثوراً كبيرة إذا سلط منها مقدار قوي

ويمكن استعمال هذه الأشعة في الميكروسكوب بدل أشعة الضوء العادي ، فيسهل من ثمَّ فحص أجسام أصغر . وحديثاً استطاع برنارد Barnard أن يتقي بها ما يعرف الآن بأنه مصدر توالد السرطان حيث استطاع تكبيره ٣٦٠٠ مرة . وتستعمل في أمثال ذلك عدسات من

الكوارتز بدل العدسات الزجاجية ، ويجب أن تكون اللوحات الفوتوغرافية من النوع البطيء ، أي التي يكون بعطولها أصغر ما يمكن من الجلاتين وأكبر ما يمكن من الفضة . وكذلك يزداد قدر الميكروسكوب العادي ذي العدسات الزجاجية إذا أضيئت الأشياء المعروضة للفحص بهذا الضوء غير المنظور ، وذلك لأن للمنسوجات الحيوانية جميعها خاصية التوهج بضوء منظور إذا تعرضت لهذه الأشعة غير المنظورة ، فتضيء العضلات بضوء أخضر ، والعظام بضوء أزرق ، والشعر الخفيف السواد بضوء أصفر — ولا يضيء البتة الشعر الأسود . أما الكائنات الحية الدقيقة من أمثال الباشلسات والجراثيم فان تفصيلاتها تتضح أكثر إذا هي فحصت بهذه الطريقة

ويقول الدكتور هيريوارد كارنجتون Dr. Hereward Carrington في أحدث كتاب له وقد ظهر هذا العام (١٩٤٠) وهو كتاب « بحوث عملية في الظواهر الروحية » بصدد الفوتوغرافيا الروحية « إن الضوء فوق البنفسجي قد اختبر مرات في التقاط صور فوتوغرافية أثناء الجلسات الروحية باستخدام عدسات من الكوارتز ، وقد أسفرت التجارب عن بعض نتائج مدهشة »

الفصل السادس

الموجات الكهربائية الطويلة

تبدو الموجات اللاسلكية والاشعة تحت الحمراء والضوء المنظور وتلك الاشعة الفعالة كيميائياً ، وهي أشعة اكس والاشعة فوق البنفسجية من الوجهة الوصفية على شكل ظواهر متباينة الصفات ، أما من حيث الجوهر فهي كلها شيء واحد أعني موجات كهرطيسية لا تتباين من الوجهة الكمية الا في مدة الذبذبة فقط

« الدكتور آرثر هاس »

كنا نبحث في الضوء غير المنظور الذي يمتد فيما بعد الأشعة البنفسجية داخل قوس قزح . ولكنّ هناك سلسلة أخرى مشابهة من موجات كهرطيسية خارج القوس ، أي فيما بعد الضوء الأحمر الذي به تنتهي حافة القوس المنظورة . فهذه الأشعة «دون الحمراء» أو «تحت الحمراء» أطول من الحمراء وذبذباتها أبطأ لأنها تنشأ عادةً من اهتزازات الأجزاء الثقيلة في الذرات والجزيئات لا من اهتزازات الالكترونات . ولما كانت الذرات في أية مادة لا تستقر أبداً فان هذه الموجات تتكوّن باستمرار . ويعطي كل جسم من الأجسام المحيطة بنا موجات طويلة غير منظورة — والحق ان دنيانا كانت قبل أن نعرف « الأذاعة اللاسلكية » غدقة كما هي الآن بالموجات الكهرطيسية . وتستقبل جسومنا هذه الأشعة وتنفثها ، وعلى قدر ما نستقبله منها يتوقف شعورنا بالدفء المنعش أو بالبرد المرعش . ويعمل الضوء المنظور على تدفئتنا أيضاً ، فليس حسناً منا إذن أن نطلق اسم « أشعة حرارية » على تلك الأشعة غير المنظورة دون غيرها إذ أن ذلك خطأ كثير الشيوع لأن الضوء وحده يجلب لنا أيضاً قليلاً من الدفء . وكانت تجربة سير وليم هرشل Sir W. Herschel التي أجراها سنة ١٨٠٠ حينما استكشف هذه الأشعة محاولة أريد بها قياس التأثير الحراري لألوان قوس قزح . ولقد اتبع الرجل طريقة نيوتن في فصل ضوء الشمس ، إلى طيفه الكامل ذي ألوان قوس قزح ، ثم جاء بترمومتر طلي بالسواد ووضعه في كل لون على حدة . فأظهرت النهاية الحمراء للحزمة حرارة أعلى من النهاية البنفسجية . ولكن لما أخرج الترمومتر من المنطقة الملونة كلها وجده قد دلّ على درجة حرارة أعلى . وقد استطاع أن يعكس هذه الأشعة وأن يستثبتها ، أي يركزها في نقطة ،

بنفس المرايا المستعملة في الضوء . وهي تخضع لجميع القوانين العادية الخاصة بالضوء المنظور . وكثيراً ما نرى صبياً يلعب بعدسته المحرقة ، ونراه يحجب ضوء الشمس بحائل خاص دون أن يوقف ذلك احتراق الورقة التي بيده

ولا تتأثر اللوحة الفوتوغرافية العادية بالضوء الأحمر ، وهي تكون عديمة النفع إذا أريد منها أن تتأثر بالموجات دون الحمراء فتدونها . ولكنها تصلح مع بعض التعديل . فمنذ أكثر من ثلاثين سنة غمر كابتن أبني Captain Abney بعض اللوحات في بذر الكتان ، فوجد أنه بتوافر ظروف خاصة يمكن أن تشحن جزيئات برومور الفضة بالجزيئات العضوية الكبيرة وبذلك يمكنها أن تستجيب لاهتزازات الموجات دون الحمراء الأبطأ . وأمكن أن تتأثر لوحاته بموجات تبلغ في الطول ضعف موجات الضوء الأحمر تقريباً ، فسهل عليه أن يأخذ في حجرة مظلمة صورة فوتوغرافية لأبريق أسود مملوء بالماء الغالي مستعملاً فقط الأشعة غير المنظورة وقد أمكن الحصول على صور غريبة عندما استعملت هذه اللوحات لأخذ صور فوتوغرافية عادية وقد حجب الضوء المنظور بحائل أسود لا ينفذ إلا الأشعة دون الحمراء فقط . وبدت أوراق النبات والشجر الخضراء زاهية متلألئة ، في حين ظهر الجو الصافي الزرقة أسود قاتماً ، وذلك لأن الأوراق تبعث بالجزء الأكبر من هذه الأشعة الطويلة

ويقول الدكتور كارنجتون في كتابه « بحوث معملية في الظواهر الروحية » عن هذه الأشعة إنها استخدمت بنجاح في التصوير الفوتوغرافي الروحي وإن من بين الذين استخدموها بنجاح في هذا الصدد الدكتور أوستي Dr. Osty في فرنسا ولورد رالي Lord Rayleigh ولورد شارلز هوب Lord Charles Hope في انكلترا . وكذلك استخدمها بنجاح في هذا الصدد سنة ١٩٣١ الاستاذ جوزيف سل Prof. Joseph Sell في ألمانيا (١)

وأشد الآلات حساسية في قياس الموجات دون الحمراء آلات كهربائية — هي الترموبيل والبولومتر والراديوميكرومتر — أساسها أنها تمتص الأشعة الحرارية فيغير التأثير الحراري حالتها الكهربائية محدثاً تيارات كهربائية عادية . وكثيراً ما يقاس الآن الأشعاع الصادر من أي نجم بغير واحدة من هذه الآلات . ويقول آرثر هاس إنه صار في الأمكان إدراك حرارة لهب الشمعة وهي على بعد مائة متر . والأغرب من هذا أن يدعي بعض الأميركيين أنهم يستطيعون إدراك مقادير الحرارة الصغيرة جداً ، حتى الحرارة المنبعثة من شمعة واحدة وهي على بعد ألف

(١) اقرأ في الفوتوغرافيا الروحية كتاب « تصوير غير المنظور » لمؤلفه جيمس كوتس James Coates وكتاب « تجارب في الروحية » لمؤلفه واريك F. W. Warrick وقد ظهر هذا الكتاب في أواخر سنة ١٩٣٩ وبه أكثر من ستمائة صورة فوتوغرافية ايضاحية وفي صدره كلمة قيمة كتبها سير أولفر لودج

ميل !!! وهذه الآلات ضرورية في التجارب التي ترمي إلى تمييز الأشعة دون الحمراء وترتيبها بحسب أطوالها الموجية المختلفة سواء جاءتنا من الشمس أو من أي مصدر آخر. أما المنشور الزجاجي الذي استعمله نيوتن في تحليل الضوء الشمسي فقليل الفائدة هنا، ومن ثمَّ تحتم استعمال منشور من الكوارتز أو ملح الحجر. وأما عن الموجات الطويلة جداً فالتجارب مستعصية لأن هذه المواد نفسها ومنها الهواء تصير حاجبة لها فلا تنفذها. وقد استطاع الدكتور روبنز Dr. Rubens البرليني أن يجري أقيسة من هذا النوع سنة ١٨٩٦، وقد وجد أن الاشعاع المنبعث من شبكة المصباح الغازي، أو من المصباح الزئبقي، يشتمل على بعض موجات طولها جزء من مائة جزء من البوصة — أي قدر الطول الموجي للضوء الأحمر خمسمائة مرة. وهذه الموجات تكون عديمة النفع إذا انبثقت من مصدر يكون الغرض منه توليد الضوء فقط. ومن الغريب أنه لم يستكشف بعد مصباح تقتصر طاقته على الاضاءة فقط، إذ الواقع أن جميع المصابيح تبذل أكبر جزء من طاقتها في إحداث إشعاع غير منظور. على أنه يوجد من الأضواء ضوء بالغ غاية الجودة في الواقع، هو ضوء اليراعة الذي يُبذل من طاقته الكلية ما مقداره ٩٧ ٪ في صيغة ضوء منظور. وفي خير أنواع الضوء الكهربائي يضيع تسعون في المائة على الأقل من الطاقة في إحداث حرارة. فاذا ما وصل أحد العلماء إلى اختراع «الضوء البارد» فانه لا شك مثر بعد فقر

***

وتصل بنا الخطوة التالية على سلم الأطوال الموجية إلى مجال جديد مختلف عن ذلك كل الاختلاف، مع ملاحظة أن الموجات باقية كما هي من حيث طبيعتها الأصلية، وكذلك سرعتها باقية كما هي، ولكن تفاعلها الداخلي مع ذرات المادة وجزيئاتها يخالف تفاعل الموجات الأخرى حتى ليتحتم علينا استعمال آلات أخرى مختلفة جداً لاحداثها أولاً ثم التقاطها. وأقصر الموجات كما مرَّ بنا سريعة الذبذبة جداً بحيث أنها تطغى على المادة فتخترقها دون أن تحدث اضطراباً في ذراتها أو إلكتروناتها، فلا تفقد هذه الموجات من ثمَّ كثيراً من طاقتها. وأما الموجات الطويلة — من الموجات فوق البنفسجية إلى الموجات دون الحمراء — فتؤثر في الذرات والجزيئات المادية محدثة لوناً وحرارةً وصوراً في اللوحات الفوتوغرافية. أما الموجات التي نقصدها هنا فطويلة جداً لا تستطيع اهتزازاتها البطيئة أن تحدث اضطراباً في جزيئات المادة المترابطة المتلاصقة. ولكنها تستطيع أن تجمع الالكترونات السائبة أنى وجدتها، ثم تهزها كما تهز موجة الماء صفاً من قطع الفلين الطافية. وبذلك تحدث تياراً كهربائياً، لأن التيار ما هو إلا سيل من إلكترونات سائبة، ولكنها لا تستطيع إحداث حرارة أو ضوء بشكل

محسوس . وتلك هي الموجات اللاسلكية . تنبأ بها سنة ١٨٦٦ كلارك مكسويل ، أكبر علماء الفيزيقا الرياضيين في زمانه ، ثم عثر عليها بعدذلك بعشرين سنةهنريك هرتز Heinrich Hertz ولما كان مركوني وغيره قد استطاعوا تعميم استعمالها حتى صارت خواصها شائعة بين العامة والخاصة فاننا سنقتصر على شرح بسيط لها

توجد في الحقيقة إلكترونات سائبة في كل فلز ، وحركة هذه الالكترونات هي التيار الكهربائي العادي . ففي السلك الذي يتصل طرفاه ببطارية كهربائية تنساب الالكترونات باطراد في الجهة التي تريدها البطارية وتوجبها . فاذا ما أخرجت البطارية من الدائرة المشتملة على هذا السلك تهتز الالكترونات فترة قصيرة من الزمن ثم تسكن كما يهتز البندول ثم تتناقص حركته شيئاً فشيئاً إلى أن يسكن . وإذا ما زيد طول السلك ورتبت ملفاته الترتيب الملائم فان زمن الذبذبات الالكترونية داخل السلك يزداد . ويحدث اضطراب كهربائي في الفضاء المحيط بالسلك مع كل تغير يحدث في حركة الالكترونات . فهذه التغيرات المتتالية المتتابعة هي الموجة الكهرطيسية وتكون الموجة عديمة الفائدة لنا إذا لم نستطع إدراك تأثيرها في نقطة أخرى بعيدة . غير أن الموجة إذا ما غشيت فلزاً أثارت ما بداخله من الالكترونات فينشأ من ثم تيار ضعيف لا يمكن إدراكه والانتفاع به إلا بتوافر شرط واحد . فنحن نعلم أن إلكترونات الفلز ، وليكن سلكاً مثلاً ، لها بطبيعة الحال مدة ذبذبة خاصة تتوقف على حجم السلك وشكله كما يتوقف زمن هزة البندول على طوله . فاذا كانت هذه المدة الطبيعية مضاهية بالضبط لمدة الموجة الكهرطيسية فان الالكترونات تكتسب على الفور الحركة من تلقاء نفسها وتبدأ رقصها وذلك هو الشرط اللازم للاستقبال ، أي أن المستقبل يجب أن يكون « متوافقاً » مع المرسل. ولنضرب لذلك مثلاً توضيحياً هو أن الشوكة الرنانة المهتزة ترغم شوكة أخرى قريبة منها على أن تهتز مثلها إذا كانت متحدة معها في النغمة . ونحن لا نجعل التيارات الكهربائية تتغير وقت العمل بتغير حجم الاسلاك وشكلها ، ولكننا نصل إلى ذلك بعملية أخرى تعادلها وتزيد عنها سهولة وهي تغيير سعة الدائرة وتغيير ممانعة تأثيرها الذاتي كل على حدة

ومن حسن الحظ أن الالكترونات صغيرة جداً وسائبة جداً في ذرات الفلز . وما كان للطاقة الصغيرة القدرة الموجودة في الموجة أن تدفع هذه الالكترونات إلى الحركة لو كانت هذه الالكترونات كبيرة الجرم . ولكنها في الواقع تتحرك بسرعة ، فتحدث تياراً يمكن إدراكه بالجلفانومترات أو بالتلفونات . وقد أخفق هرتز في إدراك هذه الموجات والتقاطها بهذه الطريقة عند بدء استكشافه لها ، لأن الذبذبات الطبيعية لهذه الموجات سريعة جداً فلا تستطيع تحريك الغشاء التلفوني . أما أصواتنا التي لا يتأثر التلفون إلا بها وحدها فهي اهتزازات تحدث

يصنع مئات منها في الثانية الواحدة ، لا عدة ملايين كما هو الحال في الذبذبات الكهرطيسية التي نحن بصددها . فكيف الوصول إذن إلى سد هذه الثغرة التي تفصل ما بين الاثنين ؟ لقد وصلوا إلى ذلك بالطريقة الآتية : هب أن تراوحات الموجة الكهرطيسية تحدث بمعدل خمسة ملايين مرة في كل ثانية ، وأن كل موجة متممة لعشرة آلاف موجة جعلت قوتها تكبر إلى الضعف فيضعف من ثم خمسمائة موجة قوية في كل ثانية . وغشاء التلفون أو غشاء الأذن يستطيع أن يدرك هذا التردد المنخفض نسبيًّا ويستجيب له . وكلما كانت الذبذبة المفروضة أبطأ كانت الموجة « الحاملة » أوسع . ولكن بقيت بعد ذلك عقبة أخرى لا تزال قائمة ويجب تخطيها ، وهي أن الموجة تكون موجبة القوة ثم سالبة القوة على التبادل ، وتكون الشدة الأضافية المبتغاة للموجة المفروضة عديمة النفع إذا أبطلت القوة السالبة عمل القوة الموجبة . وإذن كان من الضروري إنقاص القوة السالبة أو محوها إن أمكن ، وهذه العملية هي المعروفة في اللاسلكي بعملية « تقويم » التيار المتبادل أي تحويله إلى تيار مستمر

وينحصر فضل البلورة في اللاسلكي في أنها تعمل كمقوّم جزئي لذبذبات التيار . والتوصيلة بين بلورة وأخرى أو بين بلورة وباحث حساسية [1] تسمح للالكترونات أن تسير بسهولة في اتجاه دون الآخر . ومن السهل قياس المقاومة التي تقاوم البلورة بها سير التيار الكهربائي ويكون التغير الحادث عند ما ينعكس التيار واضحاً . ومن ثمّ كان من السهل جدًّا أن يدرك التلفون تغيرات الشدة الحادثة في الموجة الحاملة في صيغة موجة صوتية مسموعة ذات تردد منخفض ويؤدي الصمام في أبسط تطبيقاته إلى نفس النتيجة — أي السماح لتيار موجب بالمرور دون التيار السالب . وعمله سهل فهمه . فهو يتألف من سلك حراري متوهج وعارضة فلزية صغيرة موضوعين معاً في زجاجة مسدودة مفرغة أشد تفريغ . ويستطيع التيار في دائرة المستقبل أن يسري خلال الصمام محمولاً على الالكترونات المنهمرة بين السلك الحراري والعارضة الفلزية وهو يسري فقط في جهة واحدة — لأن السلك الحراري الساخن ينفث إلكترونات سالبة ولا ينفث شيئاً من الوحدات الموجبة الساكنة وهي البروتونات . فلا يسري إذن إلاّ تيار سالب فقط من السلك الحراري إلى العارضة ، أما التيار الموجب فمستحيل حدوثه . ويرجع الفضل في الوصول إلى هذا الاستكشاف إلى الأستاذ فلمنج Fleming اللندني ، وكان قد سماه الصمام التذبذبي عند ما استكشفه سنة ١٩٠٥ . أما خواص البلورة المقوّمة فكان الدكتور دنوودي Dr. Dunwoody أول من شرحها وفسر عملها ، وكان ذلك سنة ١٩٠٦

(١) باحث الحساسية أو « شارب القط » هو السلك الدقيق المستعمل للبحث عن النقط الحساسة في بلورة التقويم ليستمد السلك منها التيار المقوم المعدل

ثم صار الصمام بعد ذلك أكثر نفعاً لما أدخل فيه لي دي فورست Lee de Forrest العنصر الثالث وأعني به السلك المتحكم grid وقد وضعه بين السلك الحراري والعارضة . وبهذه الإضافة أمكن استقبال الموجة اللاسلكية بالتلفون ، وعدا ذلك أمكن أن تزاد قوة التيار . على أن تراوحات القوة الكهربائية في دائرة المستقبل صغيرة جداً ، وهي توجه في الصمام إلى السلك المتحكم الذي يعمل كزناد لسيل الالكترونات المنهمر من السلك الحراري إلى العارضة . ويلاحظ أن أي تأثير في السلك المتحكم مهما كان ضئيلاً يحدث اختلافاً عظيماً في التيار الرئيسي ، وبذلك تصير التعديلات الضعيفة في التيار المعطى للاشارة تراوحات كبيرة قوية في دائرة التلفون ، وذلك عند ضبط الأجهزة بإحكام ودقة . ويمكن تشبيه إلكترونات الصمام بكرات فوق منضدة بليارد مائلة ، أما تغيير القوة الكهربائية بالقرب من السلك المتحكم فيشبه تغيير انحدار المنضدة فان أنت أملت المنضدة قليلاً بعد ذلك انحدرت الكرات إلى أسفل ، وإن أنت رفعتها قليلاً أبطأت في سيرها أو وقفت عن السير . فالتغيير الطفيف في السلك المتحكم يحدث تأثيراً كبيراً في التيار الرئيسي . وعلى هذا النمط يمكن تكبير التأثير الطفيف للموجة الصادرة من محطة تبعد آلاف الأميال فتحدث في التلفون أو في البوق أصواتاً مسموعة

بقيت نقطة واحدة وبها نختم بحثنا في هذه الموجات الطويلة . ذلك أنها أطول جداً من الموجات التي بحثنا فيها أولاً . فقد يبلغ طول الموجة ميلاً أو يزيد ، كما أنه توجد موجات أخرى يبلغ طولها بضع ياردات وتستعمل في بعض الأغراض ، وقد اشتغل هرتز بموجات طول الواحدة منها قدم أو قدمان . وأصغر الموجات التي من هذا النوع ، أي التي تحدث كهربائياً في جهة ما فتشعر بها كهربائياً في جهة أخرى ، فيبلغ طولها جزءاً من مائة جزء من البوصة فقط . وهذه استكشفتها سنة ١٩٢٥ ماري لفتسكي Marie Lewitsky في أحد معامل بتروغراد . ويلاحظ أنها تصل ما بين الموجات الكهرطيسية وبين أطول الموجات دون الحمراء التي أمكن إدراكها

والموجة الطويلة أقل تأثراً بالعوائق التي تعترضها في طريقها من الموجة القصيرة . وربما نكون قد لاحظنا ذلك في موجات الماء . ولنذكر أيضاً أن الموجات الصوتية تخضع للقاعدة نفسها ، وذلك لأننا نستطيع ونحن في جانب من المنزل أن نسمع الأنغام المنخفضة الدرجة الصادرة من جوقة موسيقية في الجانب الثاني منه أكثر وضوحاً من الأنغام المرتفعة الدرجة . وعلى ذلك فالموجة الكهرطيسية يمكنها أن تنثني بسهولة حول حواف العائق المعترض سبيلها أكثر من موجة الضوء . إن حروف الظل في ضوء الشمس تبدو حادة قاطعة مع أن جزءاً طفيفاً من الضوء يغمر بالفعل منطقة الظل . أما الموجة اللاسلكية فلا يوجد لظلها حرف حاد

قاطع . ومن ثمّ لم يندهش مركوني حينما وجد أولى موجاته اللاسلكية انثنت بسهولة حول الأفق المنظور ، فأمكن استقبالها في محطة استقبال لا ترى محطة الارسال . والمدهش مع ذلك أن تستطيع الموجات اللاسلكية الأحاطة بالكرة الأرضية ، وأن تظل كما هي ذات قوة عظيمة بعد أن تكون قد انتشرت ألوف الأميال

وتفسير ذلك أنه توجد مرآة عظيمة غير منظورة على بعد خمسين أو ستين ميلاً إلى أعلى في الهواء . فالموجة اللاسلكية تجول حول الأرض سائرة فيما يشبه رواقاً أعدَّ لتبادل الحديث . فهي لا تنتشر خارجها فتتبدد قوتها بتركها الأرض ثم سيرها منطلقة صوب الجو بل هي تنعكس هابطة وتتركز بالقرب من سطح الأرض . وتتكوَّن هذه المرآة في هذا الارتفاع لا بالهواء المتمدد الأقل كثافة من هواء المناسيب المنخفضة فحسب ، بل بالهواء الذي هو أيضاً موصل للكهربائية . فالهواء كما قلنا سابقاً يتأين في الجهات المرتفعة ، وتنحل في الغالب جزيئاته بالاشعاع الكوني ، أو بالاشعاع الشمسي ، فتوجد إذن بعض إلكترونات طايقة وبعض جزيئات مشحونة بالكهربائية الموجبة ، وغيرها مشحونة بالكهربائية السالبة . فتؤثر هذه الطبقة العليا من ثمّ في الموجات كما يؤثر السطح المصقول في الموجات الضوئية — أي يعكسها ولكن مع فارق هو ألاّ يكون الانعكاس تامًّا ولا معيناً . وتسمى هذه الطبقة طبقة هفسيد نسبةً الى مستكشفها العلامة أوليفر هفسيد Oliver Heaviside الذي كان أول من تنبأ بوجودها [1]. ويلاحظ أنها غير ثابتة الارتفاع ، وذلك لأن الأيونات المنخفضة تعود فتتحد من جديد حينما تغرب الشمس ، ومن ثمّ ترتفع الطبقة وتكون حافتها أشد حدة . ويجر الليل ستاراً غير منظور أسفل هذه المرآة السماوية فتنعكس الاشارات البعيدة المرسلة بانتظام ، ويسمعها المنصتون واضحة بأجهزة استقبال إن كانت صوتية ، أو يراها الراؤون على بعد ظاهرة إن كانت ضوئية

(١) استكشفت طبقة أخرى غير هذه تعرف بطبقة أبلتون Appleton على بعد يتراوح من ٩٠ ميلا الى ٢٥٠ ميلا فوق سطح الارض

الفصل السابع

القوى الكائنة في داخل المادة

ان علم البولوجيا وعلم تكوين البلورات فضلا عن فتحهما أمامي مجالا أرقى من مجالات العرفان والفكر قد وجها بحوثي ومجهودي الى هدف أرقى ويبدو لي ان الطبيعة والانسان يتناولان تفسير نفسيهما خلال مراتب تطورهما المديدة . وعندي ان الانسان في معرفته الاشياء الطبيعية وما هي عليه على الاقل من تنوع عميق موطد يجد خير أساس يسترشد به في معرفة نفسه ومعرفة الحياة

« فروبل »

أسهل عليك أن تحطم ساعتك وتنثرها قطعاً من أن تعيد بناءها ، إذ الهدم أسهل من البناء وكذلك كانت طريقة التحليل في العلم الحديث أسهل وأمضى سلاحاً في المهاجمة من طريقة التركيب . وإخال أن ذلك التحليل الذي حللنا به المادة قد نجح إلى حدّ ما . أما العكس فأمر أخلف الظن وما زال يؤدي إلى فشل وخيبة . فكيف تتجمع الذرات إذن وتتماسك ؟ ليس أوفى في الرد على هذا السؤال من قول سير أولفر لودج Olivr Lodge في الجمعية العلمية البريطانية سنة ١٩٢٣ « إننا لا نستطيع أن نعلل السبب الذي من أجله إذا أمسكنا بطرف عصا ورفعناه ارتفع الطرف الآخر »

لقد مرّت بنا ثلاثة أنواع معروفة للقوة الجاذبة : الكهربائية والمغناطيسية والجاذبية . فالشحنتان الكهربائيتان المتضادتان — إلكترون وبروتون مثلاً تتجاذبان بقوة معينة يمكن حسابها . وأي جزئين من المادة يتجاذبان بقوة الجاذبية على النمط الذي قال به نيوتن تقريباً . كذلك تخضع قوة تجاذب مغناطيسين لقوانين بسيطة . أما الذرة — ببروتوناتها وإلكتروناتها ، أي بالجزء الساكن منها والجزء الذي يدور حوله — تجذب مجاورتها بهذه القوى الجاذبة الثلاث جميعها وتكون القوة الكهربائية أشد هذه القوى وأكبرها . ومن الصعوبة بمكان أن تطبق القوانين الكهربائية البسيطة على اتحاد معقد مثل الذرة تتجمع فيه الشحنات الكهربائية المتباينة ولكن الاستاذ بورن Born وآخرون في ألمانيا قد أصابوا بعض النجاح في محاولاتهم الحديثة والبينة على قوة التماسك بين جزيء وآخر ماثلة في متانة الأجسام الصلبة العادية . وكذلك

في سبيل هذه الأجسام الى مقاومة أي تغير في الشكل مما اعتدنا أن نسميه تيبساً أو انضغاطاً ويكون التجاذب محسوساً مقيساً حتى في حالة ما إذا كانت الجسيمات في جسمين صلبين مختلفين ونرى ذلك في حالة السطحين الأملسين حينما «يتماسكان» كما يقول المهندسون عند تماسك المكابس والتحامها باسطواناتها بسبب عدم تزليقها أو تزييتها كما يقولون . ونكتفي هنا بأن نقول إنه إذا وضع سطحان أملسان جداً أحدهما من الزجاج والآخر من فلز ما فوق بعضهما فإنهما يقاومان القوة الكبيرة التي تحاول فصلهما اذا حدث لهما هذا التماسك . ونحن لا نلاحظ قوة التماسك هذه في حالة السطوح العادية من أمثال صفحات الورق ، وذلك لأنها ليست تامة الملاسة ، ولأن سطحي الورقتين لا يكونان تامي التماس إلاّ في بعض نقط منها حيث تكون التجاذبات الذرية ذات أثر . أما في السوائل فوضوح هذه التجاذبات الصغيرة يكون على أتمه وإنما بشكل آخر ، وذلك في طريقة تجمع أي مقدار صغير من سائل ما من تلقاء نفسه على شكل نقطة . فنقطة الندى مستديرة ، أو هي قريبة من ذلك ، وهذا بسبب التجاذب الكائن بين أجزائها والذي يجمع هذه الأجزاء في أصغر حجم ممكن . ولعلّ أشد هذه القوى التجاذبية هي تلك التي تظهر في الميل الكيماوي . فان اجتذاب ذرة كلور ذرة صوديوم مثلاً من الشدة بحيث يكون جزيء كلورور الصوديوم ، أي ملح الطعام ، الناتج من ذلك ثابتاً لا ينحل . وقليلون منا رأوه ينحل الى مكوناته . ولقد تكلمنا فيما مضى عن الاتحاد الكيماوي من وجهة واحدة ، وهي مقاسمة الالكترونات الخارجية في كل ذرة . وما كانت هذه المقاسمة الاّ مجموعة تجاذبات وتنافرات كهربائية تؤلف فيما بينها القوة المؤدية إلى الاتحاد . وإذن فلا يزال باقياً علينا أن نستكشف الطريقة المحكمة المضبوطة التي على مقتضاها يتم هذا الاتحاد . وهم لم يصلوا بعد حتى إلى تفسير حالة اجتماع أو تجاذب ذرتي إيدروجين في جزيء الايدروجين ، أو اتحاد هاتين الذرتين مع ذرة أكسيجين في جزيء الماء

ولكننا من جهة أخرى نرى في السوائل بعض أهم نتائج القوى الجزيئية . فجزيئات أية مادة أسيلت تتحرك بسرعة تكفي لفصم العرى المتينة التي كانت تربطها في مواقعها وهي في حالة الصلابة غير أن هذه السرعة لم تبلغ الحد الذي يمكنها من الانطلاق حرة مبتعدة عن الجزيئات المجاورة كما هو الحال في الغاز . إن أي جزيء من جزيئات السائل في الحقيقة يستطيع أن يغير مكانه بسهولة ، ومن ثمّ لم يكن للسائل شكل معين ، ولكن هذا الجزيء لا يستطيع بسهولة أن يرتفع إلى سطح السائل ، وذلك لأن التجاذبات الواقعة عليه من الجزيئات المجاورة تكون غير موزعة حوله بالتساوي ، فيرتد منجذباً إلى حيث هو . وبذلك يقاوم السائل أية زيادة في سطحه ، فيعمل دائماً لأن يكون له أقل سطح ممكن وتنجح قطارة المطر في ذلك كل النجاح ، لأن أصغر

سطح تكتسبه هو السطح الكري فهو أصغر الحجوم سطحاً للمقدار الواحد من المادة . ويبدو سطح السائل في العادة أفقياً بسبب جاذبية الأرض فلا يظهر له تقوس . ولكن هناك استثناء لذلك نراه عند حافة السائل ، إذ المعتاد أن يتحدب سطح السائل عند ملاقاته جوانب الأناء . وسبب ذلك جذب جزيئات الاناء الصلب لجزيئات السائل وتطفو الأبرة المطلية بالدهن فوق الماء فكأنما تعلو الماء طبقة تحمل الابرة — ولا ينفرج في الغالب سطح الماء أسفل الابرة ليبتلعها لأن ذلك الانفراج يحدث سطحاً جديداً الماء . وكذلك لا ينفذ الماء بسهولة من ثقوب غربال مطلي بالدهن ، أو خلال ثقوب للقماش غير المنفذ للماء وهو قماش أضيف الراتينج إلى خيوطه ، وذلك لنفس السبب . وتكون فقاعات الصابون مستديرة إذا هي نفخت فوق قصبة تدخين ، أما حينما تتكون الأغشية الصابونية فوق الأسلاك الملوية المفتولة فانها تكتسب أشكالاً جميلة سببها هذا التجمع الناجم عن القوى الجزيئية ، ويحدث هذا التجمع في الجزيئات لكي يكون السطح أصغر ما يمكن . وتسمى هذه الخاصية في السوائل «التوتر السطحي» وهي تكون قوية على غير المعتاد في الماء البارد ، وربما كان ذلك بسبب انحناء شكل الجزيء المائي . وحينما نريد سطحاً مائياً كبيراً ، كما في حالة غسل اليدين أو رش أوراق النبات ، نضيف قليلاً من الصابون بقصد تقليل « التوتر السطحي »

ولما كان الجزيء يجد صعوبة في الوصول إلى سطح السائل فيصعب عليه من باب أولى أن يغادر السطح كلية . غير أن بعض الجزيئات تهرب بالفعل ، إذ يحدث لها أن تكتسب في لحظة ما أكثر من النصيب المخصص لها هي وزميلاتها من السرعة المشتركة ، فتتغلب على القوى الجاذبة الصادرة عن الجزيئات الأخرى . والماء المتروك في جفنة يبخر كله في الوقت المناسب . ويلاحظ أيضاً أنه إذا كان السطح غير منبسط كأن كان مستديراً ، كما هو الحال في النقطة ، فان الجزيء يستطيع الانفلات بسهولة ، لأنه توجد في هذا المنسوب جزيئات أقل عدداً فلا تستطيع جذبه إليها . وكلما كان التقوس شديداً سهل على الجزيء الانفلات . وعلى ذلك فنقطة الماء الصغيرة جداً تتبخر بسرعة كبيرة . وما كان يمكن لنقيطات الماء أن تتجمع أبداً لولا وجود نواة من مادة صلبة تتجمع حولها — كهباءة من التراب مثلاً . ومن ثم كان الدخان والتراب عاملين على تكوين الضباب والطل ، فيزيدان في إقلاق راحة سكان المدن

أما إذا كان سطح الماء من الجهة الأخرى متقوساً الى الداخل أي مقعراً ، فان الجزيء لا يكون مطلق الحرية ، يعوق فراره قرب جيرانه الكثير عددهم فيقل التبخر من ثم . ويحدث مثل هذا السطح للماء إذا وضع في شق رفيع أو في أنبوبة شعرية ضيقة ، فيرتفع الماء عند الجوانب الصلبة وينخفض في الوسط . وهذا ما يوجب تهوية الملاءات والدثر بعناية . فبعد اختفاء

الرطوبة من جدران الحجرة قد يستقر الماء في المسام الدقيقة الكائنة في منسوج الملاءة أو الدثار فيستلزم الأمر تدفئتها طويلاً حتى يتبخر الماء منها . وفي أمثال هذه المسام أيضاً يتكاثف الماء بسهولة أكثر من تكاثفه فوق السطوح المنبسطة . ولقد استطاع لورد رالي Rayleigh ، وكان من أفذاذ العلماء علماً وعملاً ، أن يحفظ معمله جافًّا وذلك بأن يترك فيه بالليل دثاراً . فاذا جاء الصبح كان يعصر هذا الدثار فيخرج منه نحو نصف لتر من الماء الذي كان يصح أن يستقر على أجهزته لولا أن مسام ذلك الدثار قد قدمت للماء مأوى أيسر اقتحاماً ، وبمثل ذلك تعمل هذه القوى في فقاعات البخار الصغيرة بمجرد تكونها إلا اذا كانت هناك نواة أو ركن ترتكز فوقه . ولذلك توجد في المراجل وبعض الأباريق فراء باطنية تساعد على الغليان ، إذ تمد البخار بمثل هذه الأركان ، وعدا هذا فالهواء المذاب يساعد على تكون الفقاعات . على أن الماء الذي سبق له أن غلي مرة يخلو من هذا الهواء المذاب فلا تتكون تلك الفقاعات الصغيرة بل تتكوّن فقاعات كبيرة تنفجر وتتلاشى مسببة ذلك النشيش العادي وهو صوت غليان الماء

وترش البرك التي يتولد فيها البعوض بزيت فيموت البعوض ، وسبب ذلك هو التوتر السطحي ، فيرقات البعوض تستطيع أن تتنفس بأن ترفع نفسها فتعلق بسطح الماء بوساطة ثلاث شعيرات تتصل بقنوات التنفس عندها . فاذا ما وضع قليل من الزيت فوق سطح الماء انخفض التوتر السطحي ، وبذلك تقل قوة سطح الماء فتعجز هذه الشعيرات عن أن ترفع اليرقات إلى أعلى فلا تستطيع هذه أن تتنفس فتموت

ونستطيع أن نتبين بسهولة في سطح الماء القوى التي تدفع الجزيئات إلى أن تتماسك أما في باطن السائل فتأثيراتها لا يمكن مشاهدتها ولا قياسها بنفس السهولة . ومن نتائج هذه التأثيرات أن أي مجهود يبذل لتغيير المسافات بين الجزيئات تقاومه قوة كبيرة جدًّا . وقد حاول سير فرانسيس بيكون Sir Francis Bacon أن يعمل ذلك في القرن السادس عشر ، فملأ كرة مجوّفة من الرصاص بالماء ، ثم جعل يطرقها طرقاً شديداً بمطرقة ، فأدهشه أنه لم يستطع أن يحدث فيها إلا انضغاطاً ضئيلاً جدًّا يكاد لا يدرك له أثر . ونراه يقول «وعند ما أخفق الطرق في أن يجعل الماء ينكمش استعملت ضاغطة حتى ضاق الماء ذرعاً بالضغط فتفجر من الرصاص كالندى» وفي الحقيقة إن الماء لكي ينكمش بمقدار واحد في المائة يحتاج الى ضغط يزيد عن الطن لكل بوصة مربعة من سطحه . وكذلك يحتاج لمثل هذه القوى لفصل الجزيئات عن بعضها في بعض الأحيان ، ويظهر ذلك على أتمه في تجربة ابتدعها ورثنجتون Worthington لاثبات ذلك . فجاء بأنبوبة مقفلة وبها ماء يملأ جزءاً منها ، ثم ثبت أحد طرفيها وأدارها ، يريد أن ينجذب الماء حتى يدرك طرفها الآخر شأنه في ذلك شأن الحجر في المقلاع إذا أدير المقلاع شد الحجر

حبله واستمر مجاوراً نهاية الحبل . ولكن الماء قاوم هذه القوة ، وظل مجاوراً مركز الحركة . وحتى إذا كانت قوة الدوران سريعة بحيث تعدل قوتها المركزية الطاردة مائة باوند على كل بوصة مربعة من سطح الماء فان الجزيئات تعلق بعضها من جهة ثم بطرف الأنبوبة الزجاجية من جهة أخرى بوساطة تلك القوى الشديدة الكائنة بين الجزيئات . وعلى ذلك فالمثل القائل « أوهى من الماء » إنما يشير الى السائل في مجموعه

وليلاحظ أن تلك الأرقام التي ذكرناها في تقدير القوى الجزيئية مبنية على أقيسة مختلفة الأنواع . ولكن أبسط هذه الأقيسة هي تلك المتعلقة بمقدار الحرارة اللازمة لتصعيد سائل . فالسوائل كلها تحتاج إلى حرارة لكي تغلي ، إذ لا بد أن تنفصل جزيئات السائل لكي يتحول إلى غاز ، أما القوى المجمعة لهذه الجزيئات فيمكن تقديرها من الطاقة اللازمة للتغلب عليها . وفي حالة الماء يبدو أن هناك ضغطاً داخليًّا يعدل الضغط الجوي ألوف المرات

وهذه القوى العظيمة نفسها توجد في داخل الجسم الصلب أيضاً ، ولكن متانة الجسم الصلب من الوجهة العملية أقل مما تشير إليه هذه الأرقام ، وذلك لأنه يوجد دائماً سطح خارجي للجسم الصلب يتألف من شقوق وفتحات صغيرة رقيقة هي السبب في إضعافه كله . ففي حالة الحديد الصلب مثلاً تكون قوة التماسك الداخلية أربعة ملايين باوند لكل بوصة مربعة ، في حين أن النهاية العظمى لقوة الحمل أقل من ذلك مائتي مرة وذلك من جراء الضعف السطحي الذي لا بدَّ منه . أما الخيط الرفيع المصنوع من الرمل المنصهر فله سطح في غاية الملاسة ، ويستطيع أن يحمل ثقلاً كبيراً دون أن ينقطع ، ومع ذلك فان أقل لمس لسطحه يحدث فيه كشطاً أو سحجاً يضعفه فلا يقوى على حمل أي ثقل مهما كان صغيراً

الفصل الثامن

بناء البلورات

(عن آلة الاولب-القلاوظ-لعمل محزوزات الحيود(١) الضوئي)
نصل أخيراً الى اعتبار ان هذه الآلة شخصية تكاد تكون مؤنثة فهي من ثم تستلزم الملاطفة والمداراة والمصانعة والتهديد أيضاً ولكننا سنتبين في النهاية أنها شخصية لاعب حذر حريص ماهر يشترك في لعب معقد مشكل ولكنه خلاب ، لاعب يستفيد على الفور من غلطات خصمه فيفاجئه بأروع مايحبط به خطته وتدبيره ، ولا يترك شيئاً البتة لمجرد الصدفة . وهو مع ذلك لاعب عادل دقيق لايحيد قيد شعرة عن قوانين اللعب التي يحذق معرفتها ولا يغتفر لك جهلك بها . فان أنت عرفتها ووعيتها وسرت في اللعب على مقتضاها انقضى اللعب على خير ما يجب أن يكون «ميكلسن»

ظهر في علم الفيزيقا قبل الحرب العظمى مباشرةً فصل جديد شيق للغاية ، وذلك على أثر كشوف الدكتور لاو Dr. Laue وكشوف سير وليم براج Sir W. Bragg وولده الأستاذ لورنس براج Prof. Lawrence Bragg في سنتي ١٩١٢ و ١٩١٣ . وهذا الفصل يتعلق بأسرار الطبيعة الخاصة بتجمع الذرات وتماسكها لأحداث أشكال البلورات الجميلة المنتظمة . والذين رأوا بلورات الثلج المتساقط في يوم ممطر أعجبوا بجمالها ، وكثيراً ما رأينا بلورات تامة التماثل ذات أوجه ملساء تميزها عن سائر الأشياء الطبيعية الأخرى الخشنة الملمس . وربما نكون قد حدسنا صادقين أن الذرات لا بد أن تكون معبأة داخل كل بلورة بشكل ما منظم ، إلى أن كان التحليل الحديث لهذا النوع من البناء فأرانا كشفاً علمياً طلياً شيقاً حقق هذا

(١) أظهر جريمالدي Grimaldi سنة ١٦٦٥ أن الضوء الداخل في حجرة مظلمة خلال شق ضيق جداً جداً يمكن أن ينتشر في جميع الجهات ، أي أنه بعبارة أخرى ينثني حول الاركان . فسمي انتشار الضوء على هذا النمط « الحيود الضوئي » .

الحدس . ومضى العمل قدماً في ذلك السبيل ، مضيه في حالات الكشوف العامية الأخرى ، يحوطه تعاون دولي ناجح فكان النجاح حليفه

وقد أفضت البلورة بسرها لأن عاملاً جديداً قد استخدم في مغالبتها . وما كان هذا العامل شيئاً غير أشعة إكس . فهذه الأشعة تستطيع أن تخترق معظم البلورات بغاية السهولة ، ووصل الدكتور لاو في فحصه البلورات بهذه الأشعة إلى أن الشعاع إذا دخل في بلورة انشق وتجزأ فاذا دخلت حزمة من أشعة إكس ، كحزمة الضوء العادي الرفيعة ، في بلورة فانها تخرج منها وقد ضعفت ضعفاً واضحاً بيناً ، وصحبتها عدة حزم أضعف منها تتفرع بزوايا خاصة كالأشعة التي تنعكس من حجر كثير الأوجه . وتكون الصور الفوتوغرافية المأخوذة باستعمال هذه الحزم الحائدة جميلة جداً في الغالب ، وذلك من جراء ترتيبها المتماثل . غير أن تعقد هذه الحزم واختلاطها يجعل من الصعب جداً تأويل الصورة وتفسيرها . ولكن الصورة مع ذلك تحمل في طياتها مفتاح البناء البلوري . وقد أدى البحث الدقيق المجهد المتأني إلى النجاح المرجو في معظم الحالات

على أن القاعدة التي ينطوي تحتها شق شعاع إكس وتجزئته تنطبق على جميع أنواع الموجات الأثيرية . وبالرجوع إلى الضوء المنظور نجد ما يفسر لنا ذلك بغاية الوضوح . فاذا نحن وجهنا نواظرنا صوب ضوء شديد بعيد ونظرنا إليه من خلال منديل رأينا الضوء قد أحيط بعدة أضواء أخرى ملونة ضعيفة . وكلما كانت عيون المنديل دقيقة وكان الضوء أصغر في الحجم وأكثر لمعاناً كانت هذه الأضواء أكثر وضوحاً . فكل حزمة حائدة تكون لوناً . وتختلط الأضواء إذا كان الضوء الأصلي كبيراً لأن كل حزمة حائدة تكون في اتساع الحزمة الأصلية . ونجد لذلك مثلاً في الأسطورة الانجليزية الريفية القديمة القائلة بأن نظرة واحدة إلى القمر من خلال منديل تكشف للحسناء عن عدد السنين التي تمضي عليها قبل أن تتزوج . فكيف تكونت إذن هذه الصور وتلك الأضواء ؟ الجواب أنه عندما تصل الموجة إلى مجموعة الفتحات الموجودة في نسيج المنديل تصير كل واحدة منها نقطة ابتداء لجزء من الموجة في الجانب الثاني للمنديل . فتنطلق هذه الموجات الى الأمام ، ونرى الضوء مباشرةً خلال الفتحة . ولكن كل موجة تنتشر أيضاً بقوة أقل على شكل دوائر كما يعمل الموج في سطح الماء . فتقطع الموجات بعضها بعضاً ، وتكون كل نقطة عرضة للتأثر بكل واحدة من هذه الموجات المتقاطعة . ولما كانت بعض الموجات تبدأ من الفتحات القريبة وبعضها من الفتحات البعيدة فهي لن تصل كلها معاً في وقت واحد . فاذا اختلطت خطوة أية موجة بخطوة الموجة التي تليها ، بأن كانت إحدى الموجات في القمة والتي تليها في القرار ، محا تأثير إحداها تأثير الأخرى وتلاشت الموجتان . وفي بعض النقط تحتفظ

الموجات كل الاحتفاظ بخطاها — ويتوقف هذا على الزاوية التي تصنعها الموجات مع خط الفتحات — فتنطبق القمم كلها على بعضها ويكون لذلك أثر محسوس . ففي هذه النقط وليس في غيرها ، تتكوّن حزم ضعيفة من الضوء ، وواضح أن المسافة بين الفتحات وطول الموجة هما أهم مقدارين يحتاج إليهما عند حساب أي النقط هي التي احتفظت بخطاها وأيها ترك في ظلام دامس بسبب تداخل الموجات المتبادل ، فاذا كانت الموجة مختلطة أي متألفة كالضوء الأبيض من عدة ألوان فمندئذ يرى لون عند بعض النقط ولون آخر عند نقط أخرى ، وهذا يتوقف بالطبع على الأطوال الموجية المختلفة المقابلة للألوان المختلفة . وهذا هو السبب في أن الصور المرئية من خلال المنديل حول الضوء الأبيض تكون ملونة . وهو أيضاً أحد أسباب رؤيتنا خطوطاً ذات ألوان زاهية من الضوء عندما ننظر إلى الشمس من خلال أهدابنا

هذه التجربة البسيطة خير وسيلة لقياس طول الموجة الضوئية . وكل ما يحتاج إليه فيها قطعة من الشاش وضوء بعيد . وليلاحظ أن عرض الفتحات يمكن إنقاصه بمجرد إمالة الشاش أي إمالة طفيفة . وقد أمكن بهذه التجربة إيجاد حجم الجسم المضيء إذا كان الطول الموجي معلوماً ، فيمكن إيجاد حجم القمر مثلاً باستعمال نظارة ميدان وقطعة من الشاش أو مشط صغير من أمشاط الجيب . فاذا أريد فصل الصور الملونة فصلاً تامًّا عن الحزمة المستقيمة بحيث يصبح في الأمكان إجراء أقيسة مضبوطة ، فان فتحات الشاش أو المنديل يجب أن تستبدل بفتحات أضيق يمكن الحصول على خير أنواعها بتخطيط لوح من الزجاج خطوطاً متوازية بقطعة حادة من الماس . وتعرف ألواح الزجاج التي من هذا النوع بعد تخطيطها باسم « محزوزات الحيود » ويجب أن يعنى عناية شديدة في صناعة هذه المحزوزات لأنها تساعد على معرفة أطوال الموجات الضوئية بالضبط . ومعرفة أطوال هذه الموجات ذات قيمة لا تقدر في بحوث التحليل الطيفي . ولقد أتقن الأستاذ رولاند Rowland الشيكاغي ، وهو من أكبر علماء الفيزيقا الذين أنجبتهم الولايات المتحدة ، صناعة هذا التخطيط . فقد استطاع بصبره العجيب المعجز أن يخترع آلة لولب في إمكانها أن تخطط ٢٠٠٠٠ خط في فضاء مسطح عرضه بوصة ، وقد خطط فعلاً بهذا الشكل ست بوصات تخطيطاً متقناً كل الاتقان استغرق في إنجازه خمسة أيام وخمس ليالٍ ، وكان ذلك سنة ١٨٨٦ . ولا تزال محزوزاته هذه موضع إعجاب الفيزيقيين في جميع أنحاء العالم ، وهم لا يستعملون غيرها

ولكن طول موجة شعاع إكس أقصر ألف مرة من طول الموجة الضوئية ، فحجمها يقرب إذن من حجم الذرة ، ومن ثمّ استحال تخطيط « محزوز حيود » تكون الخطوط فيه متقاربة بهذا القدر . غير أن الدكتور لاو قد تغلب على هذه العقبة حيث هداه عقله إلى فكرة كانت

السبب في رفع ذكره بين العلماء وهي : إن الطبيعة تهيء الذرات في خطوط وطبقات منتظمة ، وهذه يمكنها أن تعمل عمل محزوزات حيود أدق كثيراً من أي محزوزات يستطيع الإنسان عملها بأية آلة . وإذن فكل بلورة محزوز حيود قائم بذاته ، وعدا هذا فان حجوم الذرات والمسافات التي تفصل ما بينها تلائم كل الملاءمة قياس الأطوال الموجية لأشعة إكس

ويلاحظ أن الذرات في البلورات ليست مع ذلك مرتبة في مجرد خطوط مستقيمة ، بل هي مرتبة بانتظام على شكل نماذج لها طول وعرض وعمق ، ومن ثمَّ كان في كل نموذج مجموعات كثيرة لمستقيمات متوازية أو سطوح متوازية . ويمكن تشبيه البلورة بحديقة نسقت فيها الأشجار صفوفاً : فاذا ما مررنا بهذه الحديقة راكبين قطاراً بدت لنا الأشجار وهي ترتب نفسها في خطوط مستقيمة في اتجاه ما ، فاذا ما تغير اتجاه نظرنا اليها بدت مرتبة في اتجاه آخر وهكذا ، وغالباً ما تكون الاتجاهات المختلفة في البلورة أربعة أو خمسة فيجد شعاع إكس ذرات وفتحات منظمة في اتجاهات كثيرة مختلفة في داخل البلورة ، فتوجد من ثمَّ حزم كثيرة « حائدة » منبعثة في جملة اتجاهات في الجانب الآخر . وتكون المهمة الشاقة التي تواجه فاحص البلورة بشعاع إكس أن يجد صف الذرات أو مستويها المحدث لكل حزمة رآها وقاسها ، فيستطيع بعدئذٍ أن يرسم صورة كاملة للترتيب الذري داخل البلورة . إن شعاع إكس كشَّاف يبعث به الباحث إلى البلورة ليجلوها ، وواجب الباحث إذن أن يفسر لنا رسالة ذلك الكشَّاف. هذا الشعاع يحدث الباحث بأن الذرات تتباعد بعضها عن بعض في اتجاه ما بمسافة ما ، وبمسافة أخرى في اتجاه آخر وهكذا. فعلى الباحث إذن أن يتخيل توزيع الذرات الذي على مقتضاه تتكوَّن أشكال البلورات

إن النموذج البلوري مبني كله من جملة وحدات متشابهة متطابقة ، وهو أشبه شيء بالورق الذي يلصق فوق الجدران . فهذا الورق يتألف عادةً من بضع رسوم أو خطوط بسيطة تتكرَّر بانتظام . وتكون وحدة البناء هذه في أبسط الحالات مكعباً لهُ في كل ركن ذرة ، فاذا ما تكرر وجود هذا المكعب في جميع الجهات والجوانب مثل لنا بناء البلورة بأكملها . وفي الغالب توجد ذرة في وسط كل وجه في المكعب المتخذ وحدة ، أما إذا اشتملت المادة على أكثر من نوع واحد من الذرات كانت الترتيبات الممكنة كثيرة ومختلفة . ويصح توضيح ذلك بمثلين بسيطين هما كلورور الصوديوم (ملح الطعام) وكلورور البوتاسيوم . فوحدة البناء في كل من هذين على شكل مكعب ويصح استنتاج ذلك من أن شكل البلورة نفسها مكعب نستطيع أن نراه بسهولة بعدسة مكبرة . ويوجد في كل مكعب ذرة كلور عند كل من أركانه ، وفي وسط كل وجه من أوجهه ، وتوجد ذرة صوديوم (أو بوتاسيوم) في منتصف كل حرف وعند مركز المكعب .

ومن هذا النموذج البسيط تعرف جميع خواص الملح ، فكثافته وقابليته للذوبان وشفافيته وقابليته للضغط ودرجة انصهاره — هذه كلها صار يمكن استنتاجها من هذا البناء البسيط ، ولا يزال علماء الفزيقا إلى يومنا هذا سائرين في انجاز هذا الشق من البحث وإكماله ولكنهم يسيرون فيه على مهل

ويرجع الفضل في تفسير الخواص البلورية الشهيرة تفسيراً مرضياً لأشعة إكس إذ بها أمكن تحليل البلورة من وجهة البناء . فأشكال بلورات الجليد والثلج المكونة من زوايا كل منها ستون درجة نتيجة مباشرة لترتيب ذرات الايدروجين والاكسيجين . كذلك اتضح سبب وجود الكربون في غير صيغة واحدة كالماس والجرافيت . أما وحدة البناء النموذجية في البلورات الكربونية فشكلها هو الجسم ذو الأوجه الأربعة والأركان الأربعة أي الهرم الثلاثي . ولذا كانت تعبئة هذه الأشكال أشبه شيء بمجموعة صفائح من الحديد المضلع وضعت فوق بعضها ، ويوجد فرق عظيم بين صيغتي الكربون المذكورتين ، لأنه في حالة الماس تنطبق التجعيدات على بعضها مؤلفة بذلك مجموعة قوية جداً . ومعلوم أن الماس أصلب مادة عنصرية عرفت . في حين ان هذه التجعيدات أو الصفائح المتدرجة تتباعد في الجرافيت ، فيكون التجاذب بين الصفائح المتجاورة أضعف كثيراً منه في حالة الماس ، وبذلك يصح أن تنزلق فوق بعضها . ولهذا كان الجرافيت من أحسن المزلقات

وفي التنوع العظيم لمركبات الكربون — وهي المركبات التي تؤلف فيما بينها الكيمياء العضوية — نجد مادة خصبة لهذا السلاح الجديد ونقصد به تحليل البلورات بأشعة إكس . في كثير من الحالات استطاع الكيميائي أن يستنتج ترتيب الذرات من التفاعلات الكيميائية ، وقد حققت التجارب الحديثة صحة هذه الاستنتاجات . بل لقد انكشف وظهر ذلك الترتيب القوي المتين الكائن بين ذرات الكربون الستة في حلقة كيكولي Kekulé [1] البنزينية ، وتحقق وجود تلك السلاسل والأغلال الطويلة التي تربط ما بين الكربون والذرات الأخرى

---

(١) لكل ذرة من ذرات الكربون في المركبات العضوية أربع أيد مبسوطة تمسك كل منها بذرة ايدروجين أو بذرة كربون أخرى . فلما حاول الكيميائيون تطبيق ذلك في حالة البنزين الذي قانونه ك٦ يد٦ أخفقوا تماماً . ولكن العالم الالماني كيكولي قد حل هذا اللغز اذ قال بأن ذرات الكربون الست تكون فيما بينها حلقة تبسط فيها كل ذرة يداً الى ذرة ويدين الى أخرى ، بينما ذرات الايدروجين الست تمسك بالايدي الخارجية كما في الشكل

```
        يد
        |
        ك
      //  \
يد—ك      ك—يد
   |      ||
يد—ك      ك—يد
      \  //
        ك
        |
        يد
```

في جزيئات الأحماض الدهنية . ومن الشيق الذي له دلالته ملاحظة أن جذب هذه الجزيئات الطويلة النحيفة للجسيمات الدقيقة الأخرى يكون عند أطرافها أكبر منه عند جوانبها . وعلى ذلك فحينما توضع نقطة من حامض دهني فوق سطح الماء تقف الجزيئات على أطرافها . ويغطي غشاء الزيت الماء كما يغطي الزغب قطعة من منسوج زغبي ، أي تكون الجزيئات الطويلة واقفة جنباً لجنب فوق السطح

أما حجم الفجوة الواحدة في البلورة — ونقصد بالفجوة الفريفة ما بين ذرة وأخرى — فأكبر قليلاً من حجوم الذرات نفسها . فاذا ما صوّرنا الذرات كرات صغيرة بدت متماسة في بلورات كثيرة . ويصح أن نشبه البلورة بكومة من الخردق المستدير ، فاذا ما عبثت الكرات متقاربة بقدر الأمكان نثلت نظاماً ما من الترتيب الذري ، كذرات الكربون في الماس مثلاً . أما الأنظمة الأخرى فهي نتيجة التعبئة السائبة . وقد وجدت الذرات في بلورات الثلج مرتبة تفصل ما بينها مسافات واسعة ، مكوّنة شبه بناء هيكلي دقيق يفسر لنا خفة الثلج والمظهر الزغبي لبلوراته . ويجب مع ذلك أن نذكر أن الذرات لا يمكن أن يكون لها سطوح مستديرة جامدة يابسة . وما تمثيلها بالكرات إلاّ مجرد تشبيه يقرّبها الى الذهن

الفصل التاسع

الطاقة

ما أشبه النظريين بالعناكب تغزل نسيجها من نفس جسومها، وما أشبه التجريبيين بالنمل يجمع الخامات دون انتخاب ويخزنها دون تعديل أما العلميون الصادقون فما أشبههم بالنحل يجمع الرحيق ثم يخرجه أرياً شهياً

« فرانسيس بيكون »

ترجع خواص المادة إلى قواها وحركاتها الداخلية بقدر ما ترجع إلى وحدات بنائها الحقيقية ولا يكفي أن نعرف كم بروتوناً وكم إلكتروناً توجد في مادة ما أو كيف تترتب فيها، بل يجب أن نعرف القوى التي تسيطر عليها والسرعات التي تتحرك بها قبل أن نستطيع الوقوف على أسرار مادة الكون الكثيرة التنوع. فأما الأثير فأهميته كلها محصورة في القوى المتغيرة التي يبديها، وأما خواص الأثير الساكن – إن كان هناك أثير ساكن – فنحن لا نعلم عنها شيئاً البتة لذلك تحتم علينا أن نلحق بحثنا في المادة والأثير ببحث فكرة « الطاقة » التي لم تتضح قوانينها ولا طبيعتها تماماً إلا في القرن التاسع عشر، والتي ما زلنا نتأكد يوماً بعد آخر من أنها ذات أثر جوهري في الفلسفة الطبيعية

وأول ما يجدر بنا معرفته عن الطاقة أنها إحدى خواص الأثير والمادة، وأنها تعيَّن وتقاس وتتغير صيغتها ولكن دون أن يتغير مقدارها على الأطلاق. وهي ذات صور كثيرة، وكثير من هذه الصور معروف لنا لأننا نشتريه بالمال — نعم نحن نشتري الطاقة الكهربائية، والطاقة الضوئية الحرارية، والطاقة الكيمياوية للفحم أو الغاز أو الطعام، والطاقة الميكانيكية أو الطاقة الحيوانية التي نستخدمها في رفع الأثقال أو في جر الأحمال. ولقد مضى زمن طويل قبل أن نستكشف القواعد البسيطة الخاصة بقياس أنواع الطاقة المختلفة هذه جميعها، وسنرى فيما سيجيء أن هذه القواعد في الحقيقة والواقع بسيطة. فطاقة القطار المتحرك أو طاقة القذيفة المنطلقة تعين بضرب مربع السرعة في نصف الكتلة. وتعين الطاقة اللازمة لغلي الماء في إبريق بضرب كتلة الماء في عدد درجات الحرارة التي زادها. وطاقة مسقط ماء النهر تعين بضرب وزن الماء في ارتفاع المسقط، وتقاس طاقة الفحم أو الطعام الكيميائية بمقدار ما ينفثه كل منهما

من الحرارة إذا احترق، وكذلك يمكن قياس طاقة الشمس عن طريق تأثيرها الحراري. والوحدة الانجليزية المستعملة في جميع هذه الأقيسة هي الباوند — قدم ، أي الطاقة أو الشغل اللازمين لرفع ثقل قدره باوند واحد إلى ارتفاع قدره قدم واحد . أما الوحدة العلمية العامة فهي الأرج erg وهي التي ترفع ثقلاً قدره مليجرام واحد تقريباً إلى ارتفاع قدره سنتيمتر واحد ، وتوجد وحدات أخرى كالسعر والوات Watt والثرم therm وكلها يمكن التعبير عنها بما يكافئها من الباوندات قدم أو من الأرجات

واستكشف الفيزيقيون أن صيغ الطاقة هذه كلها قابلة للتغير والتحول، وكان هذا الاستكشاف نتيجة عمل كثيرين في مقدمتهم العلامة وليم برسكوت جول W. Prescott Joule فقد كانت تجاربه الدقيقة أول برهان عملي واضح مفهوم على صحة القانون الشهير المعروف باسم قانون بقاء الطاقة . وكان قد بنى تجربته على تحريك طارة في الماء باسقاط أثقال عليها بوساطة حبال وبكرات ، فوجد أن الماء قد سخن بما يتناسب بالضبط مع الشغل اللازم لرفع الأثقال ثانية . وبذلك يكون في تجربته هذه قد أحال الطاقة الميكانيكية طاقة حرارية ، وكان مقدار الطاقة واحداً في الحالتين. هذه التجربة التى وصفناها بهذه البساطة تجربة صعبة في الحقيقة استغرق إنجازها سنين كثيرة ، وتظهر صعوبتها في أن بعض الطاقة يستحيل حرارة بسبب احتكاك البكرات ، وبعضها يستنفد في إحداث صوت وذلك عندما تلطم الأثقال الطارة ، وبعض الطاقة الحرارية قد يستنفد في تسخين هواء الحجرة ، وهلمّ جرّا . واشتمل حساب الطاقة على هذه البنود كلها وكان دقيقاً متوازناً بالضبط لأن كل جزء من الطاقة الميكانيكية قد حسب بغاية الدقة وكان البحث في هذا الصدد فضلاً عن الناحية العلمية البحتة ، أحد نماذج الصناعة الدقيقة ، ويرجع الفضل فيه كله الى العلامة جول . على أن هناك علماء سبقوه في الوصول الى ما وصل إليه ، نخص منهم بالذكر الكونت رمفورد Rumford الاميركي سنة ١٧٩٦ والدكتور ماير Dr. Mayer الألماني سنة ١٨٤٠ . ثم تبع جول آخرون أعادوا هذه التجارب بدقة فائقة وتوسعوا فيها ، ولكن عمل جول في السنين ١٨٤٥ — ١٨٧٠ ظلّ المحور والأساس

والآن فلنقارن بين صيغ الطاقة المختلفة مقدرة بأحدث وحدات الطاقة وهو الثرم المعروف لدى كثيرين منا بأنهُ مقياس الطاقة الجديدة المتبع في أعمال الاضاءة والتسخين بوساطة غاز الاستصباح العادي. وهو يساوي مقدار الطاقة الحرارية التي ترفع درجة حرارة ألف باوند من الماء مائة درجة على مقياس فهرنهيت . فهو إذن يساوي الوحدة الحرارية البريطانية مائة ألف مرة ويساوي السعر خمسة وعشرين مليون مرة ، ويبلغ ثمنه في بعض الجهات (مستخرجاً من حرق الغاز) عشر بنسات أي حوالي أربعة قروش . ويحصل عليه كحرارة بحرق ما يقرب

من ستة باوندات من الفحم المتوسط الجودة الذي ثمن الطن منه ثلاثون شلناً ، ويكون ثمنه في هذه الحالة هو ثمن باوندات الفحم هذه أي بنس واحد تقريباً أو حوالي أربعة مليمات . أما عن طريق الطاقة الكهربائية فالثرم يعدل خمساً وعشرين وحدة من الوحدات التجارية (كيلوات — ساعة) وثمن الوحدة بنسان فيكون ثمنه خمسين بنساً أي حوالي عشرين قرشاً . ولكن جالون البترول يمدنا بنفس هذا المقدار من الطاقة تقريباً بثلث هذا الثمن . وإذا نحن عطفنا على الوقود اللازم لجسم الأنسان فالقيمة الحرارية للخبز تقدر عن طريق عدد الأرغفة ذات الوزن المعين التي تمد الجسم بثرم واحد ، وقد وجد أن ثمانية أرغفة من ذات الباوندين وزناً تمد الجسم بهذا القدر ، يقابلها ثمانية باوندات من اللحم أو خمسة من الزبدة لمد الجسم بثرم واحد . أما الطاقة الكائنة في موجات الضوء أو الصوت فضئيلة جداً ، ولقد ذكرنا فيما مضى أن كثيراً من طاقة المصباح الكهربائي تضيع على شكل حرارة . فمصباح البخار الزئبقي الكثيف يبعث في الثانية الواحدة ٤٠ مليون إرج من الضوء المنظور ، وهذا يعدل سعراً واحداً ، في حين أن التيار الكهربائي الذي تكون شدته ٣ أمبيرات والذي ينتج من ضغط قدره ٢٤٠ فولطاً يستهلك ما يقرب من ١٨٠ سعراً في الثانية . أما الموجات الصوتية فهي على نقيض ذلك أكثر الموجات اقتصاداً للطاقة وهذا لأن الأذن جهاز استقبال ذو حساسية مدهشة . فهي تستطيع أن تدرك موجة (ترددها في الثانية ٨٠٠ ذبذبة) ينبثق منها في الثانية من الطاقة جزء واحد فقط من أربعة بلايين جزء من السعر . فلو استخدمت إذن طاقة مصباح كهربائي واحد في إحداث صوت لسمعت جلبة هذا الصوت على بعد مائة ميل . ويستطيع الثرم الواحد أن يمدنا بهذا القدر فيحفظ المصباح مشتعلاً ما يقرب من أربعين ساعة . أما الطاقة الموجودة في أشعة الشمس الشديدة فعظيمة ، وحرارتها مستمدة من الموجات الضوئية المنظورة والموجات غير المنظورة معاً ، ويمكن الحصول عليها بمعدل قدرة حصان لكل ثلاثة أقدام مربعة — وهذا يكفي لصهر طبقة من الثلج سمكها نصف بوصة في اليوم . وتمد أشعة الشمس الشديدة كل مربع ضلعه عشرة أقدام في كل عشر ساعات بثرم واحد ، وهذا يكلف حوالي أربعة قروش إذا كان مصدره حرق الغاز كما قلنا . وهناك طاقة قل أن ينتفع بها كطاقة ومضة البرق التي لو قسناها على أساس أن شدة التيار الكهربائي الساري فيها ٢٠٠٠ أمبير ، وأن زمنه وهو زمن الومضة جزء من مائة جزء من الثانية ، وأن ضغطه مليون فولط ، لعادلت ٢٢٠ ثرماً . وعلى ذلك يكون ثمن الومضة على أساس هذا التقدير أربعين جنيهاً

بقيت لدينا الصيغة الأكثر شيوعاً وهي الطاقة الميكانيكية . ويدل الحساب البسيط على أن

الثرم الحراري يعدل طاقة الحركة لقطار زنته ثلثمائة طن وسرعته ستون ميلاً في الساعة، ويعدل طاقة الجاذبية لماعز زنته ثلثمائة طن يسقط من ارتفاع قدره مائتا قدم. وأخيراً إذا نحن قدّرنا أن قدرة الجواد تساوي نصف « قدرة الحصان » المعروفة في كتب الميكانيكا فان الثرم يمثل شغل ذلك الجواد مدة خمس وثلاثين ساعة دون انقطاع

وسبب هذه الفروق الغريبة في أثمان الطاقة وهي في مختلف صورها تلك راجع إلى الفروق في الجودة. ولعلّ هذه الفروق لا تربك ذهن القارىء فيما نريد أن نؤكده من أن الطاقة كمّ يقاس، وأنها توجد على عدة صور قابلة للتحول فيما بينها، وأنها لا يمكن أن توجد من عدم ولا أن تبيد وتنعدم. ولم توجد شواذ لهذا القانون العام المعروف بقانون بقاء الطاقة أو القانون الأول في علم الديناميكا الحرارية. ويستكشف العلماء من آن لآخر منابع جديدة للطاقة، مثال ذلك تلك القوة المحبوسة في داخل الذرة وهي الناشئة من دوران إلكتروناتها. فهذه القوة قد يستفاد بها يوماً ما، ولكننا لا نستطيع أبداً أن نوجد طاقة من العدم

على أن هناك مسألة أخرى خاصة بضعف الطاقة تنبأ بها صادي كارنو Sadi Carnot من نحو قرن تقريباً، وهي التي نجد خلاصة لها في القانون الثاني في علم الديناميكا الحرارية، أو قانون انحطاط الطاقة. نحن لا نستطيع أبداً أن نحوّل طاقة من صورة لأخرى دون إحالة بعضها حرارة، ولا تجدي في هذا الصدد شيئاً حرارة الجسم الذي يكون دافئاً دفئاً طفيفاً إذا أريد بها أن تستحيل صورة أخرى. فمثلاً سائق القاطرة البخارية يحيل طاقة الفحم الكيميائية طاقة حرارية، ثم يحيل هذه طاقة ميكانيكية. وهذه تبذل في مقاومة احتكاك الهواء والقضبان. فهل الطاقة الميكانيكية المبذولة هذه تندثر وتنعدم بتاتاً؟ كلاّ بل هي ما زالت موجودة ولكن على شكل حرارة في الهواء والقضبان، غير أنها تكون عديمة النفع لا تجدي شيئاً. ويوجد في الثلج أيضاً كثير من الطاقة، لأنك إذا وضعت فوقه إبريقاً مملوءاً بالهواء المسال فانه يغلي. فطاقة الثلج هذه يمكن نقلها إلى أشياء أخرى أبرد منه فيمكن من ثمّ أن يستفاد منها، ولكنها تكون عديمة النفع إذا أريد بها غير ذلك. كذلك يوجد في مياه المحيط الاطلنطيقي من الطاقة ملايين الثرمات، ولكن لا يمكن لأية باخرة تمخر عبابه أن تستخدم هذه الطاقة في تسيير آلاتها. ومعلوم أن دنيانا هذه تبرد بانتظام بمضي الزمن، بل إن الكون كله يبرد كذلك، ولا يوجد ثمة شيء يستطيع، على ما يبدو لنا، أن يوقف هذا الانحطاط أو التلاشي في الطاقة. فكأنما الكون ساعة أديرت في يوم من الأيام، وقد أبطأت الآن عن ذي قبل، ولا بدّ لها أن تقف يوماً ما

وقد ذكر كاتب فرنسي مثلاً توضيحيًا قرّب به القانون الثاني إلى الأذهان. وهذا هو: تصوّر زجاجتين قد وصل بينهما بأنبوبة، وتصوّر أنه قد وضع باحداها كرة بيضاء وأخرى

سوداء . فبرجهما رجّاً ملائماً تستطيع أن تجعل إحداهما تستقر في إحدى الزجاجتين والثانية في الأخرى . فاذا كان هناك كرتان من كل لون فانك تستغرق بلا شك وقتاً أطول في فصل البيضاوين في زجاجة والسوداوين في الأخرى . فاذا كان هناك ست كرات كانت عملية الفصل صعبة بلا مراء واستغرقت زمناً أطول وأطول . فاذا كان عدد الكرات عشرين فقد يستغرق فصلها ساعات كثيرة . فهل لنا أن نقول بعد ذلك إن عملية الفصل هذه تستحيل لو كان عدد الكرات مليوناً أو أكثر ؟ وبعبارة أخرى لو كان لدينا مسحوق أشهب اللون فيه بياض وفيه سواد ، لوجود حبيبات سوداء وأخرى بيضاء لاعداد لها ، فهل يمكن فصل هذه الحبيبات بسهولة ؟. الجواب واضح . فالقول باستحالة الفصل غير منطقي ، أما القول بأنهُ بعيد الاحتمال جداً فهو الأصح . وكذلك الحال مع الحركات الذرية التي تسبب الحرارة . فذرات الثلج الكثيرة العدد تنتفض كلها من جراء ما بها من شتى مقادير الطاقة ، وقليل منها يكون متحركاً بسرعة تتفق ودرجة حرارة عالية نوعاً . ولكن إمكان فرز هذه الجزيئات القليلة لكي نستدفىء بحرارتها أمر بعيد الأحتمال جداً . إن الطاقة موجودة ولكن ليس في ميسورنا تناولها والأفادة بها . من هذا يمكن أن ندرك انه قد كانت هناك ثمة عملية ما تغيرت فيها الطاقة واستخدمت ، ثم استخدمت مرة أخرى ، وهكذا مع بقاء مجموعها الكلي ثابتاً دائماً . وقد أقنعت ألوف الأمثلة العلماء بأن احتمال حدوث هذا بعيد غاية البعد . فانحطاط الطاقة إذن أمر لا مفر منه

إن قانوني الطاقة هذين مهمان جداً وهما بلا نزاع من أهم وأعمق ما وصل اليه العلم من القوانين العامة . ولا يقل ثانيهما عن أولها صدقاً وقيمة ، وإن يكن إثبات صدقه غير سهل كاثبات الأول ، لا بالتجربة ولا بالمنطق البحت . ويتطلب هذان القانونان بالطبع شرحاً أوفى من هذا الشرح المختصر الذي أوردناه هنا . ولا توجد لها شواذ ولكنهما ينكران عن طريق الاستدلال إمكان وجود آلة تمدنا بحركة مستديمة . ونحن نعرف ما أبدى المخترعون من حذق ومهارة وعبقرية في الوصول إلى صنع مثل هذه الآلات لكي يخرقوا هذين القانونين . ولكن جهودهم في هذا الصدد قد فشلت كلها ، وما كان لها إلاّ أن تفشل . ومما يدعو إلى العجب أن « نظرية الكم » الجديدة الخاصة بالطاقة والتي سنعالجها في الفصل الثالث عشر قد تركت هذه النتائج التي وصل إليها العلماء كما هي دون أن تدخل فيها أدنى تغيير

الفصل العاشر

الهواء والصخور

اذا نحن أفسحنا لانفسنا مجال التخيل فأوجدنا لنا من دنيانا دنياً أخرى ، فأن هذه الدنيا لا بد مختفية يوماً كما تختفي بعض الآراء النظرية بظهور أخرى أحسن وأوفى . واذا نحن من جهة أخرى اكتفينا من المشاهدات بأضافة الواحدة منها الى الاخرى دون أن نحاول استخلاص بعض الآراء التصورية منها أيضاً ، لا استخلاص بعض النتائج منها فقط ، فاننا نكون قد عملنا ضد الغرض الذي لاجل تحقيقه فقط أجريت هذه المشاهدات . على أني سأحاول الاحتفاظ بوسيلة صادقة ، فاذا ما انحرفت عن ذلك فاني بالطبع لا أرغب لنفسي الوقوع في هذا الخطأ الاخير «هرشل»

— ١ —

الغرض من هذا الفصل والذي يليه أن ندرس بشكل عام حالات المادة والطاقة ، أولاً على سطح الأرض ، وثانياً في جوفها ، وثالثاً في النجوم . ولقد أضافت كشوف القرن الحالي إلى معلوماتنا الأولى عن هذه المناطق الثلاث زيادات عجيبة مدهشة ، توضح بما لا مزيد بعده من الأيضاح ، بحوثنا التي تضمنتها الفصول الأولى من هذا الكتاب . وهذه المناطق بعيدة عن متناول التجارب المعملية ، ولكننا نستطيع مشاهدة ما يحدث فيها من التغيرات وملاحظة ذلك الحدوث . ومعروف أن الطبيعة تجري تجاربها دون أدنى تدخل من جانب الانسان ، وهذا يؤدي بالباحث العلمي إلى مواجهة مشاكل وصعاب رأيت أن أشير إليها بذكر ما قاله سير وليم هرشل Sir W. Herschel . فلا بد لنا من فرض الافتراضات إذن ثم صوغ النظريات تاركين للزمن أمر اختبارها . وعلى الرغم من أن بعض هذه الفروض والنظريات ، إن لم يكن أكثرها ، غير واضحة فيكفي « أن الصواب يكون أكثر وضوحاً في حالة الخطأ منه في حالة اللبس والغموض »

إن جو الأرض قشرة رقيقة جداً من الغاز إذا هي قورنت بقطر الأرض . وهو طبقتان تتباينان كل التباين . فنحن نعلم أن الهواء يصير أبرد وألطف كلما أوغلنا فيه صاعدين ، وكان

أعلى ارتفاع في الجو بلغهُ الأنسان بنفسه قبل المحاولات الأخيرة سبعة أميال [1] . وتستمر درجة الحرارة في الهبوط خلال الأميال الثلاثة التالية التي بانتهائها نصل إلى الطافة العليا للطبقة السفلى . ورياح الجو وأنواؤه وعواصفه محصورة في هذه الطبقة الضيقة . وتكون درجة الحرارة عند هذا الأرتفاع (١٠ أميال) حوالي – ٦٠° مئوية . وبعد هذه تجيء الطبقة الثانية وحرارتها مماثلة تقريباً لحرارة سابقتها . ولكنها لا تشتمل على بخار الماء ، وقد استكشفت هذه الطبقة لا بوساطة صعود الأنسان إليها بل بوساطة مناطيد تسجيل لسبر الأرتفاع من نوع المناطيد التي اخترعها سنة ١٨٩٨ الدكتور دي بور Dr. De Bort ، وهي مناطيد صغيرة مصنوعة من المطاط ومملوءة بالايدروجين ، وتحمل في جوفها إطاراً خفيفاً من الخشب مجهزاً بآلات دقيقة الصنع لقياس الحرارة والضغط . ويطلق المنطاد فيصعد إلى طبقات الجو العليا ، ويظل يرتفع فيها حتى يصل إلى ارتفاع يكون الهواء فيه مخلخلاً بدرجة كبيرة فينفتح المنطاد ثم ينفجر ، ويسقط الأطار بما فيه من آلات التسجيل تعمل بذاتها ، فيصل إلى الأرض . وكل من يعثر على واحد من هذه الأطر الخشبية يربح خمسة شلنات إن هو أرسله بالبريد إلى محطة الظواهر الجوية التي أطلقت هذه المناطيد . وبهذه الوسيلة أمكن أن يجمعوا في أناة كل ما جمعوه من المعلومات الخاصة بهذه الطبقة الهوائية الخارجية الباردة المسماة الجو الطباقي . والأمل كبير في إمكان الوصول قريباً إلى معرفة سر سكون هذه الطبقة وانتظامها العجيبين . وهي في الحقيقة تختلف كل الأختلاف عن الهواء الذي بأسفلها والذي يكاد يكون دائماً أبداً مرتباً على شكل طبقات أفقية تختلف في درجة الحرارة وفي مقدار ما بها من بخار الماء

ويمكن تشبيه الجو السفلي بآلة عظيمة تحيل طاقة الأشعة الشمسية طاقة أخرى هي طاقة الهواء الميكانيكية . وقدرة هذه الآلة ثلاثة بلايين حصان . وربما كان الأنسب وصف هذه الآلة بأنها بخارية لأن العامل المهم في حمل هذه الطاقة هو بخار الماء . وكلنا نعلم أن الهواء الساخن يرتفع ، وأن جزءاً من طاقة الرياح يرجع إلى هذا السبب البسيط . ولكن الهواء الساخن

---

(١) كان ذلك سنة ١٩٠١ ثم أمكن الصعود بالطيارة سنة ١٩٢١ الى ارتفاع قدره ثمانية اميال . وجاء الاستاذ بيكارد سنة ١٩٣٣ فسجل بمنطاده رقماً قياسياً قدره ٥٣١٥١ قدماً ، اي ما يزيد قليلا على ١١ ميلا ، ثم تلاه في نهاية تلك السنة اثنان من رجال سلاح الطيران بالولايات المتحدة بأميركا ، وهما ستيل وتشستر فورني ، فضربا هذا الرقم القياسي حيث بلغا ارتفاعاً قدره ١٢ ميلا ، وكان غرضهما اختبار فعل الاشعة الكونية في بعض الكائنات الحية . وقد وضع العلامة الطيب الذكر المرحوم سير ج . آرثر طمسن في كتابه The Outline of Science رسماً تخطيطياً للجو وكيفية استكشاف طبقاته . ويستدل من هذا الرسم على أن أقصى ارتفاع بلغته مناطيد التسجيل الصغيرة التي كانت تطلق وحدها في الجو ٢٢ ميلا . ويرى العلامة البلجيكي كوزينز ان من الميسور الارتفاع بمنطاد خاص حتى ٣٠ كيلومتراً اي حوالي ١٨٫٦ من الاميال ، اما فيما وراء ذلك فيقول كوزينز ان من المستحيل الارتفاع اليه بأي نوع كان من المناطيد

لا يستطيع الصعود كثيراً لأنه يبرد بمعدل درجة لكل مائة ياردة صعوداً ، وبعد صعود ميل أو ما يقرب منه لا يمكن الاستفادة بطاقته الحرارية في إحداث حركة أخرى فيه . ولكنه مع ذلك يشتمل على مقدار أكبر كثيراً من الطاقة الكامنة في بخار الماء الذي يحمله. فاذا ما انخفضت درجة الحرارة بما فيه الكفاية تكاثف البخار وصار نقطاً ، وبذلك تنطلق حرارته الكامنة كلها . وإذن فالهواء مستطيع أن يصعد إلى علو أكبر باستخدامه هذه الطاقة ، وقد يرتفع تياره إلى ميلين حيث تكون درجة الحرارة معادلة لدرجة تجمد الماء ، وقد يرتفع إلى ضعف هذا القدر . وما السحب التي تراها إلاّ قلانس منظورة لعمد غير منظورة من البخار ممتدة من الأرض إلى أعلى ، وتكون أجزاؤها السفلى في الغالب منبسطة تماماً عند المنسوب الذي تسبب درجة حرارته تكاثف البخار . وغالباً ما تكون سطوحها العليا أفقية أيضاً ، وفي حالة الكنهورة ، وهي السحابة الكبيرة المتكاثفة ، قد يبلغ الارتفاع أربعة أميال أو أكثر ، وهنا تكون درجة الحرارة — ٢٠° مئوية أي تكون جميع نقط الماء متجمدة حتى النقط الصغيرة التي تكون قد بلغت هذا الارتفاع . وتكون أعالي هذه السحب متألفة من بلورات من الثلج . وربما نكون قد رأينا في يوم عاصف رزماً من السحب الريشية المسماة سماحيق السماء ، المتألفة من هذه البلورات ، والتي تخالف الكنهورة ذات الكتلة الضخمة المستديرة

هذه التغيرات الواسعة المدى لا يمكن شرحها باسهاب وتفصيل في مثل هذا الكتاب ولكنا سنختار مسألتين فقط نبسط فيهما الحديث بعض البسط . الأولى صغيرة نسبيًّا ، وهي خاصة بتكوين البرد — ذلك التكوين الذي يتصل ببلورة الثلج التي قلنا عنها إنها ذات بناء ريشي أو زغبي خفيف ، فنقطة المطر تسقط عادة بعد تكوينها ، وما أسرع ما تصل إلى سرعة هبوط ثابتة تتوقف على حجمها . فاذا كان قطرها جزءًا من ألف جزء من البوصة هبطت بسرعة ٤ بوصات في الثانية ، وإذا كانت أكبر من ذلك ثلاث مرات هبطت بسرعة ٣ بوصات في الثانية ، أما أكبر نقطة تستطيع الهبوط دون أن تتجزأ فقطرها يبلغ ربع بوصة تقريباً وسرعة هبوطها ٨ ياردات في الثانية . ويوجد في الغالب تيار قوي من الهواء الصاعد ، كما هو الحال مع السحب الضخمة التي وصفناها ، فترتفع النقطة إلى أعلى على الرغم من وزنها حتى تصل إلى المناطق الأبرد من منطقتها وهناك تتجمد . وأحياناً تصل إلى ما بعد نقطة التجمد — فتصير فوق المبردة دون أن تتجمد — وأخيراً تتجمد وتصير كتلة بيضاء ناعمة من البلورات . وقد تبدأ في الهبوط عندئذٍ ولكنها بدلاً من أن تدرك الأرض على صورة جليد قد يرفعها الهواء ثانياً مع كثير من البلل الذي يكون قد تجمع فوقها ، فيتجمد هذا فوقها مكوناً كتلة خارجية من الجليد الصافي في المنطقة التي تكون على ارتفاع ميلين . فتستحيل من ثمّ كتلة أثقل وأكثر اندماجاً فلا يقوى

تيار الهواء الصاعد على حملها فتسقط خلاله إلى أن تبلغ الأرض على شكل برد . ويمكنك بسهولة أن تتبين صحة هذا البناء المزدوج إذا أنت شطرت على الفور حبة برد نصفين . وعند حدوث الصواعق الجوية الشديدة في المنطقة الحارة تكون التيارات الصاعدة من القوة بحيث تحمل معها البرد ثانية إلى أعلى ، وبعدئذ يهبط مسافة ما ، ثم يرتفع وبعدها ينخفض — ويحدث ذلك جملة مرات — فهو يصعد حينما يكون كساؤه الخارجي مسترخياً خفيفاً ، ويهبط حينما يكون الثلج أملس جامداً ، ويظل كذلك إلى أن يكبر وزنه في النهاية فلا يقوى التيار الصاعد على حمله فيسقط على الأرض . فاذا ما شطرت حبة نصفين ظهرت فيها هذه الطبقات المتعددة المتبادلة ، وقد تنشق الحبة الكبيرة عادةً خلال هبوطها محدثة الحب المخروطي الشكل ذا الأطراف المدببة التي كثيراً ما نشاهدها

سبق أن أشرنا إلى وجود طبقات في الهواء تختلف في درجة الحرارة ، ولكننا لو أدخلنا في حسابنا بخار الماء الموجود في الجو لكان كلامنا أوفى ، وذلك لأن بخار الماء يمثل وجود حرارة كامنة ، ولاستطعنا من ثمَّ أن نتقفى الطبقات المتساوية الانتروبي entropy (١) كما فعل سير نابير شو Sir Napier Shaw . ونحن دون الدخول في بحث دقيق في الانتروبي نقول ونصر على القول بوجود طبقات أفقية في الهواء تشبه الطبقات في التكوين الجيولوجي . وتصعد التيارات الهوائية في النادر خلال هذه الطبقات ، وتكون الحركة الرأسية في أغلب الأحيان عبارة عن صعود مجموعة طبقات بأكملها فوق مجموعة أخرى ، فتنزلق الكتلة الباردة أسفل الكتلة التي تكون أدفأ منها ، وحتى في حالة الأعصار الذي يهب في المنطقة المعتدلة على الأقل يوجد تيار هوائي قوي صاعد في مركزه ، وكان يظن سابقاً أنهُ هو الذي يحدث المطر في هذا المركز . ويحدث أن تتلاقى كتل الهواء البارد بكتله الدافئة ، وذلك حينما يقابل الهواء القطبي المنهمر غرباً وإلى الخارج ، في اتجاه أنصاف الأقطار ، الهواء الأدفأ المتحرك باطراد نحو الشرق . وهذا في خطوط العرض الشمالية هو سبب المطر وهو كثير الحدوث

أما أصل الصواعق الجوية فقد استكشفهُ الدكتور سمبسون Dr. Simpson ، وهذا الأصل واحد لجميع الصواعق الجوية على الرغم من أنها تختلف كثيراً في صفاتها . وهو : حينما تتجزأ نقطة صغيرة من الماء فان بعض الالكترونات تترك ذراتها الأصلية بسبب هذه التجزئة ، ومعنى هذا النقص في الالكترونات أنها تشحن بكهربائية موجبة . وتتكوَّن ملايين من قطرات المطر الكبيرة حينما يندفع الهواء الرطب إلى أعلى اندفاعاً شديداً مفاجئاً ، فعندما تسقط هذه القطرات

(١) تمثل فكرة الانتروبي حالة او خاصة في المادة تبقى ثابتة ما دامت المادة لا تكتسب من الخارج شيئاً من الحرارة ولا تفقد منها شيئاً ، في حين انها قد تعمل في اثناء ذلك شغلا تتغير معه درجة حرارتها

ثم تتجزأ تزداد كهربائيتها فتبلغ جهداً مرتفعاً لا مناص معه من حدوث تفريغات عظيمة لهذه الشحنات الكهربائية ، يصحبها شرر كبير مضيء هو المعروف بالبرق . ويقال أحياناً إن الرعد يحدث المطر ، والحقيقة ان المطر هو الذي يحدث تكهرباً فيحدث الرعد من ثم

— ٢ —

دراسة جوف الأرض فرع وارف خلاّب من فروع العلوم، وهي تقدم لنا كثيراً من المثل التوضيحية لتفسير خواص المادة والطاقة — وقد مرّ بنا ذكر هذه الخواص . ومن أمهات المسائل الرئيسية في هذا الصدد مصدر حرارة الأرض. فالتغيرات التي حدثت في درجة حرارة سطحها في الزمن الماضي ، والتضاؤل التدريجي لحركة دورانها حول نفسها ، والقوى التي لوت الصخور وفتلتها ، وتوالي الزلازل — كل هذه مسائل فزيقية تقدّم لنا صوراً وأوجهاً جديدة للمادة والطاقة

كان لورد كلفن Lord Kelvin منذ أكثر من خمسين عاماً يقول عن حرارة باطن الأرض، إنها البقية الباقية من تلك الحرارة الشمسية الهائلة التي حملتها الأرض معها حينما انفصلت عن الشمس ، وأجرى بناء على ذلك جملة حسابات للوصول إلى معرفة عمر الأرض من تقدير سرعة تبريدها ، وقد كان الرجل حريصاً في حسابه حيث قيد النتيجة بملاحظة هامة هي : إن ظهور أي عامل مجهول يقلب حسابه رأساً على عقب ، وقد ظهر منذ ذلك الوقت عامل جديد كان مجهولاً أيام كلفن وهو أن المواد المشعة الموجودة في صخور الأرض تحدث حرارة فالراديوم مثلاً يحدث حرارة دائماً أبداً وذلك من جراء انفجاراته أو انفجار ذراته كما مرّ بنا . وعلى الرغم من ندرة وجود هذا العنصر على سطح الأرض فان مقداره الكلي الموجود في قشرتها ليس ضئيلاً فيهمل . أما المواد الأقل ندرة منه ، كالثوريوم والأورانيوم ، فتسخن الصخور أيضاً . بل إن القوى الاشعاعية لعنصر البوتاسيوم المعروف تشترك على ضآلتها بقسط محسوس في الحرارة الكلية

إن سطح الأرض كان يكون أبرد من ذلك قليلاً لو أن مصدر تدفئته كان وقفاً على الشمس وحدها . فالشمس تعطي الأرض في كل ثانية حوالي خمسة ملايين من الترمات ، وتنفث صخور الأرض حرارة تنبعث إلى سطحها أيضاً بمعدل ربع مليون ترم في كل ثانية. وهذا العدد الأخير مستنتج من مدى ازدياد درجة الحرارة بالعمق كما هو ملاحظ ومقيس في المناجم والآبار العميقة المحفورة . والمعروف أن درجة الحرارة تزيد عشراً لكل ألف قدم تتعمقها في باطن الأرض . ولكن هذا القدر يختلف كثيراً باختلاف الجهات ، وكذلك تختلف قوة توصيل

الصخور للحرارة ، ولذلك فان مقادير الحرارة المقيسة هذه تقريبية فقط . كذلك لا يغرب عن البال ان تقدير الحرارة المنبعثة من المواد المشعة الموجودة في الصخور تقريبي أيضاً، ولكن ليس من شك في أننا نستطيع أن نعلل لوجود الحرارة كلها على هذا النمط وما بنا من حاجة إلى ذكر أن كثيراً من حرارة الأرض صادر إلى سطحها من مركزها ، وإن تكن مسألة أن مركز الأرض لا يزال مرتفع الحرارة جداً مسألة تشعبت بصددها الآراء ولا يمكن الاكتفاء في حلها بالاشارة إلى حرارة السطح ، أو بعبارة أدق إلى جزء حرارة السطح الصاعد إليه من الجوف. أضف لذلك أن البحث في أصل الأرض وعمرها قد أثار بعض الشك حول هذه النقطة ومن المحتمل أن درجة حرارة السطح عند مولد الأرض كانت ١٢٠٠° مئوية ، وأنها على عمق ٤٠٠ ميل إذ ذاك كانت أعلى من هذه الدرجة ، أما عند المركز فقد كانت أشد كثيراً . ويحتمل أن يكون عمر الأرض حوالي ألف مليون سنة

أما خواص المادة وهي في درجة حرارة مرتفعة جداً وتحت ضغوط شديدة جداً — الأمر الحادث عادة تحت القشرة الأرضية — فمن الأمور الصعبة في بحثها وتحقيقها ، ولم نصب في معاملنا بهذا الخصوص إلا نجاحاً صغيراً محدوداً . أما الزلازل فيصح اعتبارها تجارب واسعة المدى تجريها الطبيعة كلما بدا لها . وقد تعلمنا أن نقف منتظرين نتائج هذه التجارب تدونها راصدات الزلازل وهي آلات السيسموجراف Seismograph . أما نتائجها من الوجهة العامية الضيقة (لأن الرجل العلمي دائماً يضيق مدى تخيله حتى يلائم مستوى وجهة النظر الخاصة التي يفحصها) فتمدنا بأنباء حقيقية عن نوع المادة التي تنقل الرجة من إحدى نقط القشرة الأرضية إلى أخرى . وربما كان أليق أن نقول « رجات» بدل « رجة » لأن هناك موجة مزدوجة تنتشر من كل صدمة كما يحدث لو أنك لطمت بيدك منضدة . ففي أحد جزءي هذه الموجة تنزاح الجزيئات من جانب لآخر كلما تنقلت الموجة وفي الجزء الآخر تتأرجح الجزيئات جيئة وذهاباً على طول الموجة كما يحدث في موجة الصوت . وتكون حركة الأولى أبطأ قليلاً من حركة الثانية ، إذ تبلغ الأولى حوالي أربعة أميال في الثانية ، ومن عدد الثواني التي تتأخرها عن زميلتها الأخرى في الوصول إلى محطة الاستقبال نستطيع أن نحسب بعد مكان الزلزال الذي بدأت منه الموجتان معاً ، وبجعل آلات القياس دقيقة وحساسة أمكن الوصول إلى معرفة الطرق التي سلكتها الموجات ، وأنواع المادة التي تكون قد اخترقتها . فبعض التأثيرات تسري حول الأرض كلها أسفل سطحها مباشرة ، وبعضها تسري في خطوط مستقيمة من نقطة لأخرى ، وبعضها تسلك طرقاً مختلفة الانثناء والانحناء كأشعة الضوء التي تحدث السراب في الصحراء . والنتيجة التي نصل إليها من هذه العمليات الحسابية كلها أن الصخور الجامدة تمتد

في باطن الأرض هابطة إلى نحو ثلاثين ميلاً فقط، وأسفل هذه توجد صخور البازلت الساخنة اللينة (نصف المنصهرة) ممتدة إلى حوالي مائة ميل أخرى أسفل ذلك. وبالقرب من مركز الأرض تكون الصخور أثقل ويحتمل أن تكون أشبه شيء بخام الحديد، ويتحتم علينا أن نتصورها منصهرة ولكن لا كالسوائل العادية لأن الضغط الشديد يكسبها لزوجة شديدة قريبة من اليبوسة.

ومنذ عهد قريب افترض الدكتور جولي Dr. Joly الارلندي فرضاً يصح أن يكون ملحقاً شائقاً لهذه الصورة أشار فيه إلى أن طبقة البازلت التي تبدو في الطفح البركاني منصهرة (هي المسماة لافا) تحتوي على معادن مشعة تكون في الغالب مصدر حرارة مستمر. و يسري بعض هذه الحرارة إلى أعلى فيزيد في حرارة سطح الأرض كما مرّ بنا. ولكن الصخور والحجارة رديئة التوصيل للحرارة، وقد دلّ الحساب الصحيح على أن تولد الحرارة في باطن الأرض أسرع من سريانها، ولذلك ترتفع درجة حرارة الصخر شيئاً فشيئاً إلى أن ينصهر في النهاية. ومعلوم أن السائل في نقله الحرارة أسرع من الصلب لأن أجزاء السائل تستطيع أن تتحرك. فالطبقات الساخنة تصعد إلى السطح وهناك تبرد ناقلة الحرارة بتيارات «الحمل» ثم «بالتوصيل» العادي حينما تجمد. وعلى ذلك فحينما يكون البازلت منصهراً يبقى مورد الحرارة كما هو، وعندئذٍ تتسرب الحرارة بأسرع مما تتكوّن. ومن ثمّ يبرد الصخر مرة أخرى — ويتجمد أخيراً. ثم يبدأ دور هذه التغيرات العظيمة مرة ثانية. وهذا هو رأي جولي. ويظهر شقه الشيق عند حساب زمن هذه التغيرات. فقد دلّ الحساب على أن البازلت لا بد أن يبقى صلباً جامداً إلى ما يقرب من ٢٥ مليون سنة، ثم سائلاً إلى ما يقرب من أربعة ملايين من السنين. وإذن فسيتقلب سطح الأرض بين الحرارة والبرودة مدة هذه الفترات الزمنية. ونحن نعلم عن طريق الصخور السطحية أنه كانت هناك فترات زمنية عمت فيها البرودة — وهي المعروفة بالعصور الثلجية. ومن الغريب أن تقدير مدتها يتفق وأرقام جولي. وهذا مثل من الأمثال البينة التي تثبت صدق فرض نظري علمي، وعلى ذلك فنحن مضطرون إلى الاعتقاد بأن في هذا الحدس اللبق الخفي فناناً من الصدق. وتوجد لرأي جولي هذا نتائج أخرى كثيرة لا يمكننا التبسط فيها هنا، كالانتفاخات والتقلصات التي لا بدّ أن تصحب التغيرات ما بين حالة الصلابة وحالة السيولة ثم العكس، والتي لا بدّ أن تشقق سطح الأرض محدثة فيه نتوءات وفجوات، فتتكوّن سلاسل الجبال العظيمة الأرتفاع وأحواض البحار العميقة الغور. وهنا يلفت أنظارنا ذلك اللعب ما بين الطاقة والمادة في دورة التغير العظيمة هذه، فلا يسعنا إلاّ القول بأن الطبقة البازلتية الحالية الموجودة تحتنا ربما تكون قد تجمدت من جديد، أو هي تؤلف تحت القشرة الأرضية بحراً من صخر منصهر لزج في درجة ١١٥٠ مئوية. فتأمل!

الفصل الحادي عشر

في داخل النجوم

ليست تلك النجوم الابدية في حرز أمين، بل هي وحظها المقدور لها أشبه شيء بالسفن التي تمخر عباب البحار في ليل حالك ، أي أنها لا تأمن الارتطام فالاندثار . أما قواها فترتد من ثم الى تلك العجينة البخارية التي انبثقت هي منها في قديم الزمان ، وبعدئذ تشق لنفسها من جديد ذلك الطريق الخائب الذي سبق أن سلكته

«روبرت بردجز»

لقد تناولنا بالبحث حالة المادة في الهواء وفي جوف الأرض ، وها نحن نصل في هذا الصدد إلى آخر أطوار بحثنا وأوسعها ونقصد به معالجة طبيعة النجوم . ففي هذا المجال قد حصل العلماء فعلاً على كثير من المعلومات القيمة الجديدة ، ومن حسن الحظ أن عدة فلكيين موهوبين قد خرجوا من مراصدهم ليعرضوا على الناس فتوحاتهم في الفلك بطرق جذابة لبقة . وإخال إنه في مثل هذا الكتاب ، وفي مثل هذا الفصل القصير المختصر ، يصح أن نكتفي بذكر بعض كشوف أولئك الفلكيين ، وعلى الأخص تلك التي لها علاقة بطبيعة المادة والأثير اللذين ذكرنا في الفصول الأولى الكثير عنهما . ونصيحتي لكل من أراد التوسع في هذا الصدد أن يقرأ كتب العلامة جينز (١) Jeans والعلامة إدنجتون Eddington ومحاضراتهما

ولا بد من كلمة تمهيدية بخصوص ما أمكن الحصول عليه من المعلومات المستقاة من نقط الضوء البعيدة عنا والتي تملأ السموات ، ونقصد بها النجوم ، إذ أن هذا في ذاته فذ معجز

إن النجوم في الواقع من الكثرة بحيث تكفي لأن يضع العالم ما شاء من النظريات ثم يشرع في خبرها . فالعين العارية تستطيع أن ترى منها ما عدده ٢٣ مليون نجم أي إلى ما يشمل نجوم القدر السادس وينتهي عنده ، وهي في مجموعها حوالي ٤٠ بليون نجم . ولكن أقربها الينا ،

---

(١) نقل الى العربية الاستاذ الدكتور احمد عبد السلام الكرداني بك أبسط كتب العلامة جينز وهو كتاب «النجوم في مسالكها» ونشرته لجنة التأليف والترجمة والنشر

بقطع النظر عن سيارات المجموعة الشمسية وتوابعها ، يبعد عنا ٢٤ بليون ميل . وليس من بينها ما يبدو لنا كبير الحجم بحيث يعطينا مباشرة صورة نستطيع منها قياسه وعن تلك هذه الأبعاد الشاسعة . وفي مكنة التلسكوب القوي أن يكشف لنا من أمرها ما يزيد عن مواقعها وحركاتها ، وطبعاً لا توجد في الواقع نجوم «ثابتة» . ونعلم بناء عن بحوث الدكتور كبتين Dr. Kapteyn طيب الله ثراه أن هذه النجوم الأقرب إلينا من غيرها موزعة في الغالب خلال جزء من الفضاء على شكل قرص مفرطح قطره ١٨٠٠٠٠ بليون ميل وسمكه ٣٠٠٠٠ بليون ميل . وموقعنا نحن قريب من مركز هذا الشكل الذي إذا أطلقنا نواظرنا إلى حوافه البعيدة رأينا من النجوم أكثر مما لو أطلقناها صوب حدوده القريبة — وتلك كلها هي نجوم المجرة . ولكننا في هذا لا نجد ما يشير إلى تكوين هذه النجوم ، إذ أن ما سوى ذلك من الكشوف لم يكن ميسوراً لنا إلاّ بعد أن وصلنا التلسكوب بجهاز الاسبكتروسكوب

ويفضي كل نجم بسره إذا هو رُؤي خلال الاسبكتروسكوب إذ أن هذا يكشف الأطوال الموجية لأشعاعه المنبثق منه ، فأحياناً يكون الطيف شريطاً من ألوان قوس قزح تقطعه خطوط كثيرة دقيقة مظلمة ، كما هو الحال في طيف الشمس ، وأحياناً يكون شريطاً تجزئه بضع خطوط حادة فقط . وفي بعض الأطياف النجمية تقطع الشريط رقعٌ مظلمةٌ واسعة ، وبعضها يشتمل فقط على خطوط ملونة لامعة منفصلة . وقد أخذت صور فوتوغرافية كثيرة لأطياف النجوم المختلفة وحللت هذه الصور تحليلاً دقيقاً — ولا يخفى أنّ ذلك عمل شاق مجهد جداً يتطلب عناية وصبراً شديدين . وعلى هذه الأطياف كان كل اعتماد علماء الفلك الفيزيقيين في الحصول على جميع المعلومات الخاصة بالمادة النجمية . فهذه الأطياف تحدثنا عن درجة حرارة النجوم ، فالنجم الذي يكون أبيض تكون نسبة ضوئه عند النهاية الحمراء في الطيف أصغر من ذلك الذي لا يكون أحمر . وهي التي تنبئنا بالعناصر التي تكون في سطح النجم وتلك التي تكون في جوفه ، وذلك لأننا نستطيع تعيين شخصية خطوط الأطياف بمقارنتها بخطوط أطياف الذرات التي أمكن الحصول عليها في المعمل ، فنعلم مثلاً أن الشمس غنية في الحديد والكلسيوم . وهي التي تخبرنا بضغط الغازات في النجوم ، وأيها يقترب منا وأيها يبتعد عنا ، بل هي التي تدلي إلينا حتى بما يمكننا من حساب حجم النجم في بعض الحالات . فليس من السهل إذن قراءة لغة الأطياف ، ولكن ترجمة هذه الأطياف قد تقدمت في العشرين سنة الأخيرة ، وسارت الى الأمام خطى واسعة . واستطاع الفلكيون والفيزيقيون في جميع البلدان بتعاونهم وتآزرهم أن يحصلوا على قسط كبير من المعلومات التي كانت أساساً لما وصلوا اليه من النتائج التي سنذكرها فيما يلي : —

تختلف النجوم التي نراها في درجات حرارة سطوحها من ٣٠٠٠° إلى ٣٠٠٠٠° مئوية وتبلغ درجات حرارة مراكزها من خمسة ملايين إلى خمسين مليون درجة . وبمجرد سماعنا بهذه الأرقام يستحق منا أن نفكر قليلاً ، إذ لا يمكن في معاملنا أن نحصل على أمثال هذه الدرجات الحرارية المرتفعة . فأعلى درجة أمكن الوصول إليها هي درجة القوس الكهربائي التي تبلغ حوالي ٣٠٠٠° مئوية . والمعروف عن الحرارة أنها نوعان : حرارة المادة وهي المتألفة من طاقة الذرات المتحركة ، وحرارة الفضاء الأثيري المتألفة من طاقة الموجات الكهرطيسية . ودرجة الحرارة بالنسبة للنوع الأول مقياس لانطلاق الجسيمات ، أما بالنسبة للنوع الثاني فليس لدرجة الحرارة معنى يمت إلى الأثير نفسه بصلة ، بل أن الموجات تدل دلالة باتة على درجة حرارة الجسم الذي يبعث بها ، ونتبين ذلك عند ما نتكلم عن الحرارة الحمراء أو الحرارة البيضاء .

وإذا نحن عدنا إلى درجة الحرارة البالغة بضعة ملايين على المقياس المئوي نجد أن أساسها الفيزيقي ينحصر في سرعة الجسيمات ، وهي تلك السرعة المرتفعة جداً ، وفي تكوين موجات طولها أقصر من طول موجات الضوء الأبيض . على أن السرعة الحقيقية لا تضاهي في الكبر سرعة الالكترونات في الأنابيب المفرغة أو سرعة جسيمات ألفا المنبعثة من الراديوم . فاذا صح لنا بعد ذلك أن نتكلم عن درجة حرارة جسيم بمفرده كنا كمن يقول بامكان الوصول إلى درجات الحرارة المرتفعة هذه فوق سطح الأرض في حالتي الالكترونات وجسيمات ألفا . أما في حالة الموجات الأثيرية فالقاعدة أنه كلما كانت درجة الحرارة أعلى كانت الموجة التي تحدثها أقصر ، ويعدل الطول الموجي لبضعة ملايين الدرجات الطول الموجي لشعاع إكس . وعلى ذلك يكون باطن النجم مملوءاً بجسيمات سريعة الحركة جداً وباهتزازات أشعة إكس .

بيد أن الفرق العجيب ما بين النجم والأرض إنما ينحصر في الدور الذي يلعبه الأثير في النجم فهو مملوء الاهتزازات بشكل مدهش إذا هو قيس بالحالات الأرضية . فهنا على سطح الأرض إذا نحن غلينا إبريقاً من الماء فانها نزيد في سرعة جزيئات الماء ، ونزيد كذلك في شدة الاشعاعات الحرارية في داخل الأبريق ثم منه إلى خارجه . ولكن مقدار الطاقة التي تمثلها هذه الاشعاعات يمكن إهماله لضآلتها أما في النجم الساخن فكل من الجسيمات المادية والاهتزازات الأثيرية مثارة إلى حدٍّ عظيم جداً ، وقد تمثل الاهتزازات نصف الطاقة وزيادة . وهذا يصل بنا إلى نتيجة عظيمة الأهمية . فنحن لا نشعر البتة بالموجات اللاسلكية أو أية موجات كهربائية أخرى على سطح الأرض ما لم تكن لدينا أجهزة استقبال حساسة ، مع أن الموجات في الواقع تضغط على كل شيء تقابله وهذا الضغط من الضآلة بحيث لا نشعر به ، حتى ضغط الضوء الشمسي الشديد لا نشعر به ، وإن يكن قياس أمثال هذه الضغوط ممكناً في المعامل . قاسه لأول مرة في

موسكو سنة ١٩٠١ الأستاذ ليبديو Lebedew وكان كلارك مكسويل قد تنبأ بوجوده قبل ذلك بجيل كامل وهذا الضغط يكون كبيراً إذا ما اشتد الاشعاع . ففي المذنب المضطرم الوهاج يكون الاشعاع من القوة بحيث يكفي لابعاد الجسيمات الدقيقة المكونة لذنبه — وإلا لتغلب الجذب التثاقلي على هذا الدفع فارتدت الجسيمات إلى المذنب

وجوف النجم ساخن غني جداً بأشعة إكس حتى لتضغط هذه الأشعة على الذرات المتطايرة الحديثة لها فتدفع بها إلى الخارج . وفي نفس الوقت تحاول الذرات أن ترتد بتأثير الجاذبية . وإذن فهنالك صراع عنيف في كل نجم بين دفع إلى الخارج وجذب إلى الداخل ، أي بين القوة التي تعمل على انتثار النجم (وهي الضغط الاشعاعي إلى الخارج) والقوة التي تعمل على تجمعه واندماجه (وهي الجاذبية) . ويفصل وزن النجم في أيهما يكون الغالب وأيهما يكون المغلوب. وفي تغلب إحدى القوتين على الأخرى موت النجم ، لأن المادة النجمية إما أن تنتثر وتبدد في الفضاء وإما أن تتكاثف عند ما تنخفض درجة حرارتها ويخبو ضوؤها فلا ترى . ولكن النجم يبقى حيـًا لو أن القوتين كادتا تتوازنان . ولما كانت القوتان تتوقفان على وزن النجم كان وزنه هذا معيناً لوجوده . فالنجوم جميعها من ثمَّ تكاد تتساوى أوزانها ، وإن يكن هناك شواذ سببها أن فعل القوتين المتضادتين بطيء جداً ، ولذا فالنجم يبقى في الوجود ملايين السنين قبل أن تتوازن القوتان . والمدهش أن هذه القاعدة النظرية التي لم تكن متوقعة نافذة بدقة في السموات وأكبر النجوم وزناً هو نجم الكلب الأكبر وزن ، كما يقول جينز ، قدر وزن الشمس ٩٤٠ مرة . ولكن مدى اختلاف النجوم في الوزن صغير يدل على انتظام مريح ، إذ أن أوزانها في الجملة تتراوح بين عُشر وزن الشمس وعشرة أمثال وزنها ، مع العلم بأن الشمس تزن ألفي بليون بليون طن . أما النجوم التي تزيد أوزانها عن ذلك فقليلة جداً . فالنجوم إذن في الجملة تكاد تكون متساوية وزناً

ويتحتم علينا أن نبين كيف أمكن وزن النجوم وهنا لا بد من الاشارة إلى أننا في شروحنا نستعمل أبسط العبارات وأكثر الألفاظ شيوعاً مبتعدين جهدنا عن صلابة البحث الرياضي النظري لأن معالجة ذلك على الوجه الأكمل تستلزم عدا ذلك أن ندخل في حسابنا ظواهر أخرى. ويمكن إجمال ذلك بقولنا إن الفلكي الفيزيقي كما استطاع أن يعين درجات حرارة النجوم بطرائق تشبه تلك المستعملة في المعامل ، وكما استطاع أن يقيس حجومها بمقياس تدخل نجمي صنع خصيصاً لذلك ، استطاع أيضاً أن يحسب أوزانها عن طريق الشد الجاذبي الذي يؤثر به نجم في زملائه الأخرى من النجوم كما نحسب نحن الآن وزن الأرض عن طريق جذبها للقمر لكي تحفظه في مداره . وأسهل النجوم من حيث إيجاد الوزن هي تلك التي يكون لكل منها زميل يظهر في

السموات ، ويدور كل منهما حول الآخر . وتلك هي النجوم المعروفة في علم الفلك بالنجوم المزدوجة أو المجموعات الثنائية . فاذا ما قاس الفلكي المسافة الكائنة بينهما وأوجد سرعة دورانهما استطاع أن يحسب كتلة كل منهما . وقد أمكن إيجاد أوزان بعض النجوم عن طريق ما تبديه أطيافها من شواهد وبينات . أما كثافة السطح فقد أمكن تعيينها بسهولة من حالة الخطوط الطيفية ، وأما الكثافة الداخلية فقد أمكن استنتاجها من ذلك مع مراعاة بعض الاعتبارات النظرية .

وعلى الرغم من انتظام النجوم في الوزن نراها تختلف كثيراً وإلى مدى واسع مدهش في الحجم . وقد قيست الأقطار في بضع حالات بطريقة مباشرة تضمنت وصل مقياس تدخل بالمكوب ، فأيدت النتائج الأرقام التي حصلوا عليها بطريقة غير مباشرة . وفي هذه الحالات غير المباشرة كان قطر النجم المقيس كبير جدًّا . وقد وجد أن قطر النجم المسمى منكب الجوزاء ٢١٥ مليون ميل ، وقطر النجم المسمى قلب العقرب ضعف هذا القدر ، وقطر نجم الدبران أكبر من ذلك قليلاً ، ويمكن وضع المريخ وفلكه حول الشمس داخل قلب العقرب ، ويمكن وضع الأرض بفلكها في منكب الجوزاء . ولما كانت هذه النجوم المردة غير ثقيلة الوزن بصفة استثنائية فهي لا بدَّ متألفة من غازات في ضغوط منخفضة جدًّا . وقد دلت الأرقام التي حصل عليها الدكتور سيارز Dr. Seares على أن الضغط في بعض الحالات أقل من الضغط الجوي عشرة آلاف مرة . والواقع أن ذرات النجوم هذه متباعدة جدًّا ومنتثرة في فضاء كبير جدًّا حتى ليعدل الضغط عُشر مليمتر من الزئبق فقط — أي يبلغ ما اعتدنا إلى سنوات مضت أن نسميه فراغاً طيباً .

وتوجد على العكس من ذلك نجوم كثيرة تقلصت وانكمشت إلى حدٍّ كبير حتى صارت كثافتها مرتفعة جدًّا ، فالحجوم المختلفة ليست ناجمة عن كميات المادة التي تشتمل عليها النجوم بل هي على الأرجح ناتجة من درجات تكدس المادة واختلافها حشداً وتفرقاً . فالطن من مادة الشمس تشغل ما يقرب من الحيز الذي تشغله طن الفحم ، ولكن نفس الوزن من مادة منكب الجوزاء يشغل من الفضاء ما يشغله برو كبير ، في حين أن طناً من مادة النجم فان مانن Van Maanen تشغل حيز الحصة الواحدة ، أي أنه في الامكان تعبئة مائة طن بسهولة في إحدى محافظ الجيب . أما إذا قورن كل شيء على الأرض بمعايير الصلابة الموجودة في نجم فان مانن فانه يكون أوهى من خيط العنكبوت .

وبتأثير الحرارة الشديدة جدًّا تبدأ الالكترونات الذرية الخارجية في الانفكاك من الذرة ، ويكون مثلها مثل الماء الذي يسخن فتنفصل منه الجزيئات الخارجية وتنطلق وحدها في

سياحات مستقلة وفي النهاية يتبخر الماء كله أو تكون الحرارة قد حولته كتلة غازية أي بخاراً يكون فيه كل جزيء سائراً على حدة في طريق خاص . وعلى هذا النمط تعمل الحرارة في الذرات فتطلق منها طبقات متتالية من الالكترونات التي تترك مراسيها ، وتتضاءل الذرات شيئاً فشيئاً حتى لا يبقى في النهاية من بنائها المتماسك إلا الحطام الذرية المتفتتة . على أن علماء الفلك الفيزيقيين الرياضيين من أمثال العلامة جينز لم يترددوا في القذف بعملياتهم الحسابية في هذا الميدان . واستطاع جينز أن يثبت من الواقع فيما تقريباً وهو : إن الالكترونات ، جلها إن لم تكن كلها ، الكائنة في مراكز معظم النجوم لا بد أن تنطلق من ذراتها الأصلية تاركة المادة النجمية وقد انحل معظمها أو انحلت هي كلها إلى مكوناتها من نويات وإلكترونات . وكان جينز قد استكشف هذا الرأي من جديد(١) وقال عنه إنهُ لم يكن رأياً ظنياً بل كان استنتاجاً لا مناص منه أوصلته إليه كشوف الفيزيقا الحديثة بخصوص الذرة . وعند ما تطرد جميع الالكترونات الخارجية من أماكنها تكون النويات من ثمَّ معبأة لزازاً وبشدة ، فتنجم عن تعبئتها هذه كثافات مرتفعة جداً . لقد تنبأ العلم بهذه النبوءة ، فلما استكشف الفلكيون زميل نجم الشعرى اليمانية تحققت هذه النبوءة حيث وجدوا أن كثافته أكبر من كثافة الرصاص خمسة آلاف مرة . أي أن مادته مندمجة جداً بحيث أن طناً منها يمكن وضعها في علبة ثقاب صغيرة . ولم يكن هذا النجم الوحيد من نوعه لأن الفلكيين قد استكشفوا بعده تلك « الأقزام البيض » التي من بينها نجم فان مانن الذي مرَّ بنا ذكره ، والذي اندمجت مادته أكثر من اندماج مادة زميل نجم الشعرى اليمانية . وعدا هذا فقد ظهر دليل آخر على وجود هذه الكثافات الغريبة استنتج من الازاحة الطيفية التي قال بها العلامة اينشتين ، والتي تحققت في طيف زميل نجم الشعرى اليمانية ونجم فان مانن وأمثالها وسنعود الى ذكر ذلك في الفصل التالي

لقد حاولنا في هذا الفصل أن نبين الصور غير المتوقعة التي قد تتخذها المادة والطاقة في النجوم . وإلى هنا يجب أن نقف . ولنترك تلك القصة الشيقة الخلابة ، قصة نماء النجوم وضمورها وما يتضمنه تاريخ حياتها من التغيرات التي تحدث بين الحالتين المتطرفتين التي ذكرناها — نترك تلك القصة الى القارىء فليتقص أمرها ، إذا رغب ، في غير هذا المجال . وهو واجد إن شاء الله في علم الفلك الحديث خير تطبيق لقواعد الفيزيقا الحديثة ، بل هو واجد فيه حقائق فاقت في روعتها أي خيال يستوحيه عقل أشعر الشعراء وأكتب الكتّاب

(١) قلنا استكشف من جديد لان ديكارت Descarte كان قد رأى سنة ١٦٤٤ ان الشمس والنجوم الثوابت « مكونة من مادة في حالة اضطراب وثوران شديدين بحيث اذا ما اصطدمت بغيرها من الاجسام انقسمت الى جسيمات غاية في الدقة والصغر »

الفصل الثاني عشر

الجاذبية والنسبية

ان وجوه العلم التي لم يكشف عنها القناع بعد تكسب الباحث عنها شعوراً يشبه شعور الصبي الذي يكد لمعرفة الطريقة المثلى التي يتناول بها الامور من هم اكبر منه سنا « أينشتين »

البحث في هذا الفصل من أعجب بحوث الفيزيقا الحديثة . فهو كالحجر الأخير في البناء ، إذ به تم الى حدٍّ كبير مجموعة المعلومات التي شغلنا بسردها في الفصول الماضية . وإخال أن كل من قرأ هذه الفصول قد لاحظ وحدة هذا العلم النامية عند رؤيته ظواهر المغناطيسية والضوء والبناء الذري وجميع الموجات الأثيرية التي انتهى الأمر بنا إلى اعتبارها كهرطيسية الأصل والمنبت من جهة ، وإلى اعتبارها من جهة أخرى خواص متنوعة للحرارة والصوت والقوى التجاذبية . وقد تحللت كلها فصارت مادة وحركة . وكان ينقص ذلك كله أمرٌ واحد هو معرفة الصلة التي تربط ما بين الأعتبارين . ولقد ظلت قوانين نيوتن سنين كثيرة وهي تبدو كافية لربط كل الحقائق من الجانب الميكانيكي ، كما ظلت قوانين كلارك مكسويل ناجحة من الجانب الكهربائي . ولكن هذه وتلك كانتا على خلاف وشقاق عند نقطة اتصال المجموعتين ، إلى أن ظهرت كشوف أينشتين فحلّ التوافق والتناسق محل الخلاف والتنافر ، وقضت قاعدة النسبية الجديدة على هذه الفروق

واحتاج الأمر لأكثر من بينة تجريبية للافصاح عن سبب هذا التناقض البين . وكان لا بدّ من إظهار نقص الأسس المنطقية التي انبنى عليها موضوع هذا التناقض ، ومن ثمّ لم يلق أينشتين من معاصريه من العلماء تهكماً أو سخرية حينما نجح في إزالة هذا التناقض وفي وضع أساس جديد لم يفطن أحد لضرورته ، وبدا هذا الأساس الجديد في أول أمره كأنما هو لعب في لعب ومجون في مجون . لقد جهر الرجل بأن المسافات والأزمنة لا يمكن أن تقاس قياساً مضبوطاً ، مع أن القوانين العلمية جميعها تعتمد على هذه الأقيسة كل الاعتماد . نحن لا نستطيع أن نقيس أي شيء قياساً مطلقاً ، لأنه لا يوجد في الكون شيء في حالة سكون ، ومن ثمّ كان

غير ممكن تعيين حركة جسم متحرك تعييناً كاملاً غير منقوص . فكل ما في معاملنا من أجهزة وآلات يدور مع الأرض ، وهذه تدور حول الشمس ، والشمس تجري لا مستقر لها في هذا السكون العظيم — وهذه الحركات كلها يمكن قياسها نسبيًّا . ولكن كيف يتحرك الكون ؟ وهذا سؤال لا جواب عنه . على أن نيوتن افترض إزاء ذلك وجود فضاء ساكن ، خارج عن المادة وعن حركتها ، يمكن أن تعتبره القوانين كلها نقطة ابتداء . ولقد كان هذا الافتراض في حد ذاته بديعاً لأن القوانين التي انبنت عليه أمكنها الى حدٍّ ما أن تفسر حركات الأجرام السماوية تفسيراً كاد أن يكون مقنعاً . غير أن هذا التفسير كان ضعيفاً من وجهين : أولهما أنه لم يكن مقنعاً تاماً ، وثانيهما أن الأثير المقول بأنه ثابت لم يمكن العثور عليه عمليًّا

وفي صدد اختبار مسألة الأثير هذه أجريت في أمريكا بحوث تجريبية بحتة قام باجرائهـــا سنة ١٨٨٧ العالمان ميكلسن ومورلي Michelson & Morley ، ثم تكرر إجراؤها منذ ذلك الوقت عدة مرات . وكان بحثهما يدور حول إيجاد الزمن الذي تستغرقه الموجات الأثيرية في انتقالها من نقطة لأخرى في معملهما ، مختارين من تلك الموجات الأثيرية موجات الضوء المنظور فلو كان هناك أثير ثابت تمخر الدنيا عبابه فان الزمن الذي يستغرقه الضوء يتوقف على اتجاه سيره . فاذا كان الضوء يسير متجهاً صوب الشرق وكانت الحجرة تدور شرقاً بدوران الأرض حول محورها ، فان زمنه لا يساوي زمن الضوء المنطلق شمالاً ، لأنه لا توجد حركة للحجرة صوب الشمال . والفرق بين الزمنين يشبه من جميع الوجوه الفرق بين الزمن الذي يستغرقه سابح في قطعه مسافة ما عبر التيار والزمن الذي يستغرقه في قطعه نفس المسافة ضد التيار . فالواقع أنه توجد حركة نسبية بين الحجرة والأثير ، وهذه الحركة إما أن تساعد الموجة الضوئية وإما أن تعوق سيرها . والواقع أيضاً أنه لا يوجد ثمة فرق محسوس بين الزمنين لأن سرعة الضوء أكبر كثيراً جداً من سرعة الأرض وهي تدور حول محورها . ولم يجد ميكلسن ومورلي أي فرق في الحقيقة ، فلم يكن بوسعهما إذ ذاك إلاَّ أن يستنتجا أن القول بوجود أثير ثابت ساكن قول خطأ(١)

وبعد ذلك ببضع سنوات أبدى الأستاذ فتزجرالد Fitzgerald الأرلندي رأياً كان غريباً جداً ثم صار وجيهاً جداً . قال : ربما كان الضوء يسير بسرعة واحدة في كل من الأتجاهين

(١) ادعى الاستاذ ملر Miller الاميركي ان هذه النتيجة السلبية لتجربة ميكلسن ومورلي كانت بسبب خطأ الارصاد والقراءات ، وانه أجراها بمقياس تداخل حساس فوصل الى نتيجة ايجابية . ولكن العلامة إدنجتون Eddington دحض أقواله دحضاً لم يترك شكاً . ولعل خير ما يذكر هنا هو قول الدكتور أندريد Dr. Andrade استاذ الفيزيقا في جامعة لندن في كتابه « ميكانيكية الطبيعة » بعد ان أورد التجارب الجديدة التي اجريت في هذا الصدد فقد قال « لا حركة للارض خلال الاثير يمكن ادراكها من ثم ، ومعنى هذا انه لا يمكن ان يوجد اثير له خواص اي جسم مادي »

ولكن المسافتين المقاوعتين قد تكونان غير متساويتين . لقد قيستا حقيقة وقيل إنهما متساويتان ولكن من الجائز أن قضيب القياس ينكمش طوله إذا كان هذا الطول في اتجاه حركة القضيب . فهل يعقل أن المسطرة التي طولها قدم يكون طولها قدماً إن هي اتجهت صوب الشمال وأقل من قدم إن هي اتجهت صوب الشرق — أي في اتجاه حركتها مع الأرض ؟ هذا وجه من وجوه ذلك الرأي الجديد ، والجواب عنه بالايجاب لا بالنفي . إن قلمي يكون أقصر لو أنه تحرك في اتجاه طوله ، وقطار السكة الحديدية يكون أقصر وهو متحرك منه وهو ساكن . وهذا الانكماش أو النقص في الطول لا يمكن إدراكه إذا كانت السرعة عادية من نوع ما نعرفه على سطح الأرض ، ولكنها لو كانت ٧٥٠٠٠ ميل في الثانية لبلغ هذا النقص جزءاً من مائة من الطول الكلي ، وإذا كانت السرعة ١٦١٠٠٠ ميل في الثانية وهي السرعة القريبة من سرعة الضوء لبلغ هذا النقص خمسين في المائة ، وإذا كانت السرعة مساوية لسرعة الضوء أي ١٨٦٠٠٠ ميل في الثانية لبلغ النقص مائة في المائة أي ينكمش الجسم إلى أن ينعدم طوله فلا يرى . على أن حدوث الانكماش ليس خيالياً كما يبدو ، فالذي يعين طول الجسم إنما هو تلك القوى الكهربائية الكائنة ما بين ذراته . وحركة الذرات في الأثير تؤثر بحق في هذه القوى ، فيحدث الانكماش ومن ثم كان التوازن في الطولين المقيسين

بيد أن مسألة الطول هذه تتضمن نقطة أعمق ، وهي أنه إذا لم توجد لدينا بينات عن وجود فضاء ثابت — أو أثير ثابت — في الكون ، أي أنه إذا لم توجد نقطة انتساب ثابتة إليها تنسب الأقيسة فاننا نعجز تماماً عن إجراء أقيسة مطلقة . فمن الصعب بل من المستحيل ، إيجاد طول قطار متحرك ما لم نعرف سرعته وزمن مروره أمامنا . وإذا كنا في قطار آخر متحرك بجوار الأول فانه يستعصى علينا إيجاد طوله ما لم نعرف السرعة النسبية للقطارين . فالطول يمكن حسابه وقياسه إذا عرفت السرعة فقط وهو إذن يتضمن عن طريق السرعة عنصر الزمن . نحن نستطيع قياس السرعات النسبية بسهولة ، ولذلك نستطيع قياس الأطوال النسبية أيضاً . ولكننا لا نعرف السرعات المطلقة لأننا لا نعرف السرعات المطلقة لكل من الأرض والشمس والنجوم . فكانت أولى المسائل التي افتت نظر أينشتين هي : إن أقيسة الطول المطلقة مستحيلة ، وأقيستنا جميعها نسبية فقط

ويمكنك أن تدرك بعد أن قياس الزمن تكتنفه هذه العقبة نفسها ، فما من حاجة إذن لمناقشة ذلك . لا يوجد شيء اسمه وحدة الزمن المطلقة . ويمدنا علم الفلك بوحدات زمنية ، ملائمة وثابتة من الوجهة العملية ، كالثانية أو اليوم ، ولكنها في الواقع ناقصة لأن قياس الزمن يتوقف أيضاً على السرعة التي تتحرك بها الساعة (الآلة) في الفضاء . فالثانية الزمنية والبوصة

الطولية لا يمكن أن تقاسا منفصلتين . نحن نظن أن الزمن والطول عاملان منفصلان تماماً عن بعضهما ولكننا لا نستطيع اليوم في ضوء العلم الصحيح السليم أن نسلم بصحة ذلك ، لأن تأثير السرعة في البوصة أو في الثانية ضئيل يمكن إهماله في جميع الأقيسة الأرضية ، وذلك بالنسبة لضآلة السرعة إلا في الحالات الذرية . ففي هذه المجالات العلمية الجديدة ، حيث لا يمكن إهمال ذلك ، يجب أن لا نشير في براهيننا إلى الزمن والفضاء على اعتبار أنهما منفصلان بل إلى مجموعة متصلة منهما هي التي نسميها المتصل الفضازمني

وإذن فمجال القوة الكهربائية المحيط بقطبي الأنبوس بعد ذلك لا يمكن وصفه بأنه انفعال كهربائي في الفضاء أو في أثير الفضاء ، بل هو انفعال في المتصل الفضازمني . قال العلامة جينز في كتابه « الكون الخفي » بهذا الصدد ما يأتي : —

إنه كان من الأنسب أن نطارح كلمة الأثير ظهريًّا مراعاةً للمصطلح الجديد « متصل » الذي يقصد به الفضاء ذو الأبعاد الأربعة الذي تخيلناه فعلاً والذي أضيف فيه الزمن إلى أبعاد فضائنا الثلاثة العادية باعتباره بعداً رابعاً

«إن قوانين الطبيعة تفسر الحوادث بدلالة الزمن والفضاء ، فهي بذلك يمكن أن تفسر بالطبع بالنسبة إلى هذا المتصل الرباعي الأبعاد . وبمناقشة هذه القوانين كميًّا وجد من السهل أن نتصوّر كلًّا من الفضاء والزمن مقيساً بشكل خاص جداً واصطناعي جداً . فالأطوال لن نقيسها بالأقدام أو السنتيمترات بل بدلالة وحدة تبلغ حوالي ١٨٦٠٠٠ ميل ، وهي المسافة التي يقطعها الضوء في ثانية واحدة . ولن نقيس الزمن بالثواني العادية بل بدلالة وحدة عجيبة غامضة تساوي الثانية مضروبة في $\sqrt{-1}$ ، أي الجذر التربيعي للمقدار السالب — ١ ، ويقول الرياضيون إن هذا المقدار تخيلي لأنه ليس له وجود خارج مخيلاتهم ، وبذلك نكون قد قسنا الزمن أيضاً بشكل اصطناعي بالغ الحد . وإذا نحن سئلنا لماذا اخترنا طرق القياس السحرية هذه . فالجواب هو لأنها تبدو كأنها طرق الطبيعة نفسها في القياس . وهي على كل حال تمكننا من تفسير نتائج نظرية النسبية على أبسط صورة ممكنة . وإذا نحن بعد ذلك سئلنا لماذا هذا كذلك فاننا لن نستطيع جواباً — ولو استطعنا لأمكننا أن نرى ما هو أعمق وأعوص مما نراه الآن في أقصى خفايا الطبيعة وأسرارها»

قد يبدو سهلاً أن نطارح عنا هذه الآراء على اعتبار أنها آراء ميتافيزيقية (أي فيما وراء الفيزيقا) عارية جوفاء ، أو على اعتبار أنها آراء ظنية سائبة باطلة ، لأننا أهملنا الحجة المنطقية الكاملة البعيدة الغور التي تدعم هذه الآراء وتجعلها صادقة لا يمكن الاستغناء عنها . وكان يصح أن يعيرها العلميون التجريبيون بعض العناية لو أنها كانت مجرد استنتاجات منطقية . ولكنهم

وجدوا فيها وجهة نظر جديدة حينما عمم أينشتين « نظرية النسبية الخاصة » فوضع « نظرية النسبية العامة » التي ظهرت لها نتائج عملية بينة . فلقد أبان لهم أنه حتى قوة الجاذبية المجهولة السبب يمكن تفصيها فيما بسط من آراء ، وأن نظريته يمكن تحقيقها بثلاثة اختبارات تجريبية سنذكرها بعد . فكيف إذن فسرت هذه النظرية الجديدة قوة الجاذبية ؟

عند ما استكشف نيوتن هذه القوة لم يسعه إلاّ أن يعترف بوجودها وبأنها تخضع لقوانين خاصة — وأن كل جسيم مادي في الكون يجذب كل جسيم آخر بقوة معينة . وقد بذلت جهود لتفسير هذه القوة ، كأن تكون نوعاً من القوة الكهربائية أو تكون نتيجة لحركة خفية ولكن هذه الجهود قد فشلت كلها . أما تعليل أينشتين لهذه القوة فينحصر في أن الفضاء ، أو بعبارة أصح ، المتصل الفضازمني المحيط بكل جسيم مادي ملتوٍ متقوّس . وهذا الألتواء أو التقوُّس لا يحيط بالجسيم فقط ، بل هو الجسيم نفسه ، لأننا لا نعرف شيئاً عن الجسيم إلاّ عن طريق هذه القوة التي يبديها ذلك الالتواء أو التقوُّس . ونستطيع دون الاستعانة بالقوانين الرياضية التي لا يمكن شرح النظرية شرحاً وافياً بدونها ، أن نقرّبها إلى الذهن بمثل توضيحي

لنفرض أننا نعيش في دنيا أبسط من دنيانا بناءً — دنيا متألفة من طول وعرض أي من بعدين اثنين فقط لا ثالث لهما كالعمق أو الارتفاع . ولنتصور أننا مخلوقات منبسطة مفرطحة تتحرك في محاذاة السطح فقط ولا تستطيع الابتعاد عنه . فلا يمكن إذن أن تكوّن لدينا فكرة عن الأرتفاع أو العمق ، أي عن « فوق » ، « تحت » وعلى ذلك فاذا كانت المساحة التي نوجد فيها مقوَّسة — محدبة كانت أم مقعَّرة — فاننا لا نستطيع أن ندرك شيئاً من تكوُّرها . فاذا فرضنا أنه يوجد في هذه الدنيا المنبسطة السطح في نظرنا فجوة صغيرة ضيقة فلن يتسنى لنا أن نتبينها . فكيف يؤثر وجودها فينا إذن ؟ كل ما نلاحظه أننا نجد الأشياء تميل إلى الأستقرار في أسفل هذه الفجوة ، ونجد الأشياء التي تتحرك في اتجاه مستقيم في جهات أخرى من هذه الدنيا تنحرف بشكل خفي مبهم عندما تقترب من هذا الجزء المقوّس السطح في الحقيقة . وتبدو لنا الأجسام التي تقترب من هذه النقطة كأنها منجذبة إليها . وها نحن نشاهد في دنيانا الحقيقية أن كل جسيم من المادة يشبه هذه النقطة في أن كل جسيم آخر ينجذب إليه . فهل لا يكون ذلك مشابهاً للفجوة غير المنظورة في الدنيا ذات البعدين ؟ إن نظرية أينشتين تقول بأن الكتل في دنيانا الحقيقية هذه أشياء تشبه أو تقابل تلك « الفجوات » وإنما في دنيا ذات أبعاد أربعة لا ثلاثة لأن الزمن بعد رابع . وبعبارة أخرى إن المادة هي مركز الألتواء أو التقوُّس في المتصل الفضازمني

وتوجد مشابهة أخرى مهمة بين فضاء الكون وبين سطح الكرة . فماذا يحدث للخط المستقيم الموجود بأكمله فوق سطح الكرة إن هو مد ؟ إنه يدور حول الكرة ثم يعود ثانية

إلى النقطة التي ابتدأ منها ولا يمكن أن يتابع الامتداد قدماً إلى ما شاء الله ، لأن تقوس السطح يثنيه ويلويه . فسطح الكرة إذن متناه ولكنه غير محدود ، ويقول أينشتين عن الكون إنه هو أيضاً متناه ولكنه غير محدود

وإذن فالجاذبية ليست قوة فيزيقية جديدة ، وقد أخفت كلمة « قوة » أصل هذه الجاذبية الذي هو في الحقيقة هندسي لا فيزيقي . أما كنه هذا الالتواء فلا يزال سراً خفياً . إننا في الواقع قد اخترعنا نظاماً ذا منطق رياضي ، وهذا النظام قد تخطى الحاجات العملية التي ولدته وأنشأته ولذلك تبدو نتائج هذا الاختراع غريبة أو خيالية إذا نحن حاولنا ترجمتها بعبارات مادية عملية . ويجدر بي أن ألفت النظر إلى أن محاولة التعمق في بحث هذه النظرية تكون عديمة الجدوى إذا لم يتزود صاحبها بقسط وافر من العلوم الرياضية العالية البحتة والتطبيقية . ولذا أكتفي بتطبيق هذه النظرية على كل ما يمكن من المسائل المادية ، إذ أن ذلك يمهد لنا سبيل إدراك حقيقتها الفيزيقية

قلنا إن هناك ثلاثة اختبارات عملية لنظرية أينشتين في النسبية . أولها : تطبيق قانون الجاذبية الجديد على حركة الكواكب السيارة . وهنا يحسن بنا الرجوع إلى نيوتن لكي يكون الموضوع أكثر وضوحاً . يقول نيوتن في أول قوانين الحركة التي وضعها إن الجسم المتحرك الذي لا تؤثر فيه قوة ما يتحرك في خط مستقيم ويحتفظ بحركته هذه وبسرعته إلى الأبد . حسن هذا ولكن كيف وصل إليه عملياً ؟ أين لنا أن نجد جسماً لا يكون متأثراً بالقوى ؟ بالطبع لا يوجد هذا الجسم فوق سطح الأرض ، لأن الأرض كتلة هائلة دوارة ، وكل جسم فوقها متأثر بجاذبيتها له وكذلك بالقوة المركزية الطاردة الناشئة من دورانها . وإذن ينتهي بنا الأمر إلى أن قانون نيوتن هذا ليس قانوناً عملياً تجريبياً . وقد قبله العلماء قروناً ، وذلك فقط لأنه ينطبق على ما افترضناه خطأً بخصوص طبيعة الفضاء ، إذ الواقع أننا فرضنا أن هندسة إقليدس تنطبق على الفضاء الحقيقي وتصح بالنسبة إليه

فانظر ماذا حدث نتيجة لتلك الفروض ؛ أننا إذا نظرنا صوب السماء وراقبنا الكواكب السيارة نجد أنها لا تتحرك في خطوط مستقيمة ، فلماذا ؟ يقول نيوتن « لأنها متأثرة بقوى » ويقول بأن مسار حركة الجسم الطبيعية غير المقيدة هو الخط المستقيم . وعلى ذلك إذا وجدنا جسماً لا يتحرك في خط مستقيم قلنا إنه مقيد ، وحتمنا وجود قوة ما تجعله ينحرف . فنحن قبل كل شيء نبدأ بحركة لا يعرفها أحد ونسميها الحركة الطبيعية ، ثم ننتهي بعدئذ الى أن كل الحركات التي نشاهدها تستلزم وجود قوى ، وبعدئذ نخترع هذه القوى لكي نفسر بها هذه الحركات . ما بنا من حاجة إلى القول بأننا لا نحاول أن نقلل من شأن كشوف نيوتن المدهشة ، وإنما نحن نعرض وجهة نظر أخرى قد تكون أدق وأكثر انطباقاً على الكون .

ووجهة النظر هذه هي : ان الحركات الحالية للكواكب السيارة هي حركاتها الطبيعية ، ولسنا في حاجة إلى « قوى » لتفسيرها : فهي تتحرك على النمط الذي اختارته ، لا لأنها تدفع باستمرار إلى خارج مساراتها الطبيعية بل لأن هذا هو طريقها الطبيعي . ولكنك يا أينشتين تقول إنها لا تتحرك في خطوط مستقيمة . فيجيبنا بقوله : نعم إنها لا تتحرك في خطوط مستقيمة لأن الحركة في خط مستقيم تكون طبيعية فقط في الفضاء الاقليدسي الثلاثي الأبعاد ، وإذن فلا بد أن يكون فضاؤنا غير إقليدسي !

فلدينا الآن رأيان : نيوتن يقول إن الفضاء إقليدسي ، وإن الحركة الطبيعية تكون في خط مستقيم ، وإن الكواكب السيارة تتحرك في هذا الفضاء الاقليدسي ، والسبب في أنها لا تتحرك في خطوط مستقيمة وجود قوة «الجاذبية» التي تجذبها نحو الشمس . ويقول أينشتين إن الفضاء غير إقليدسي ، وإنه لا حاجة بنا لايراد قوى نفسر بها حركة الكواكب السيارة ، وحركتها هذه هي في الحقيقة الحركة الطبيعية في نوع الفضاء الذي توجد فيه هذه الكواكب . فكيف يكون الحكم إذن بين الرأيين ؟ نعود إلى التجربة . فاذا كان أينشتين مصيباً وكانت حركات الكواكب راجعة فقط إلى نوع الفضاء الذي تسبح فيه فان هذا الفضاء يجب أن يؤثر في كل شيء يمر فيه ولو كان هذا الشيء إحدى الموجات الأثيرية . فشعاع الضوء مثلاً يجب أن يسلك في سيره خلال هذا الفضاء مسلك الجسم المادي ، ولا يمكن أن يسلك غير هذا المسلك . ولقد مر بنا أن النظرية تقول إن المادة تؤثر فعلاً في الفضاء المجاور لها فهي تلويه وتقوسه . والتأثير من الضآلة بحيث أنه لا توجد مادة أرضية ، ولا الأرض نفسها ، تكفي كتلتها لاحداث هذا الالتواء بشكل يمكن إدراكه . ولكن الشمس تفي وتصلح . فبالقرب منها يلتوي الفضاء كثيراً ويتقوس بشكل كبير يسهل إدراكه . وإذن فشعاع الضوء المار بالقرب من الشمس والذي يسير خلال هذا الفضاء الملوي المقوس لا بد أن ينحرف عن الخط المستقيم انحرافاً محسوساً . وقد تنبأ أينشتين أيضاً بمقدار هذا الانحراف قبل إجراء التجربة وقبل قياسه عملياً . وحدث فعلاً أن قامت بعثة كبيرة من إنجلترا تحت رآسة العلامة إدنجتون ، أستاذ علم الفلك في جامعة كمبردج لاجراء التجربة وذلك بأخذ صور فوتوغرافية للنجوم التي يمر ضوؤها بالقرب من الشمس عند حدوث الكسوف الكلي سنة ١٩١٩ . وكان أينشتين إذ ذاك محجوزاً في المانيا زمن الحرب العظمى حيث كان حصار الحلفاء لا يزال قائماً على أشده . وقد كانت النتيجة مؤيدة تماماً لنبوءة ذلك العالم العظيم الذي هو بحق كبير العلماء العاميين في زماننا

وأما الاختبار الثاني فخاص بالتغيرات التدريجية في أفلاك الكواكب السيارة حول الشمس فلحركة السيار عطارد ، وهو أقرب الكواكب إلى الشمس ، شذوذات ومتناقضات ما أمكن

تفسيرها عن طريق قانون نيوتن في الجاذبية . ولطالما تعب الفلكيون سنين بخصوص تعليل هذه الشواذ وتفسيرها ولكنهم لم يصلوا إلى تفسير مرضي ، وكانت خير تفسير لها هو ذلك الفضاء الأينشتيني الملوي المقوس . فالمفهوم بحسب قوانين نيوتن أن الكواكب السيارة تدور حول الشمس في أفلاك إهليلجية . ولكن أينشتين زاد على ذلك أن مستويات هذه الأفلاك تعاني دوراناً مستمراً غير أنه بطيء جداً . وكلما كان الكوكب قريباً من الشمس كان مقدار هذا الدوران كبيراً . وكان الفلكي لفرييه Leverrier قد استكشف فعلاً في أواسط القرن التاسع عشر أن فلك السيار عطارد يدور فينحرف مستويه في كل قرن زاوية قدرها ٤٣ ثانية قوسية . فهذا الشذوذ بالنسبة لقوانين نيوتن سبب حيرة الفلكيين وأدى بهم إلى توهم وجود كوكب مجهول بين عطارد والشمس وأن هذا الكوكب هو سبب الاضطراب الحادث في فلك عطارد . ولم يكن أينشتين قد استنتج من نظريته وجود هذا الدوران فقط بل استخرج مقداره ، ووجده مساوياً بالضبط ٤٣ ثانية قوسية كل قرن كما أثبتت أرصاد الفلكي لفرير من قبل . فكان هذا أيضاً توكيداً صريحاً للنظرية

وأما الاختبار الثالث فخاص بالاهتزازات الذرية فقد وجد أينشتين عن طريق نظريته أنه في المادة المتكاثفة جداً تتأثر حركة الالكترونات داخل الذرة بسبب جاذبية هذه المادة فتبطيء حركة رقصها ، وتنزاح قليلاً جميع خطوط طيف الذرة ناحية اللون الأحمر ، وكان من الصعب اختبار هذه المسألة في طيف الشمس لأن مادتها ليست متكدسة ولا متكاثفة بالقدر اللازم لهذا الابطاء وتلك الازاحة . ولكن النتائج التي حصل عليها الفلكيون الفزيقيون حديثاً في هذا الصدد قد أثبتت صدق النظرية ، وذلك عن طريق واختبار أطياف النجوم الكثيفة جداً من أمثال زميل نجم الشعرى ونجم فان مانن وزملائهما من النجوم الأقزام البيض

لم تقف نظرية النسبية عند هذا الحد ، بل إنها مضت تقول إن كتلة المادة التي تزن رطلاً مثلاً تزيد كلما تحركت وزادت سرعتها . ولكن الزيادة تكون غير محسوسة لأن السرعات الممكنة على سطح الأرض صغيرة جداً نسبياً . وحتى إذا كانت السرعة ٦٧٠٠٠ ميل في الساعة وهي سرعة الأرض حول الشمس فان الكتلة التي تزن رطلاً لا تزيد إلاّ بمقدار جزء من مائتي مليون جزء من الرطل ، فاذا ما بلغت السرعة ١٦١٠٠٠ ميل في الثانية تضاعفت الكتلة أي يصير الرطل رطلين . أما إذا تحركت بسرعة الضوء فان الكتلة تزيد زيادة لا نهائية . وهنا لا أرى بأساً في الاشارة إلى وجود نماذج من جسيمات تسير بسرعات هائلة . فلأشعة المهبط مثلاً ولبعض الجسيمات المنطلقة من الراديوم ، كما مرَّ بنا في الفصول الماضية ، سرعات أكبر كثيراً من السرعات المعروفة لنا في حياتنا العملية . وقد استطاع علماء الفزيقا حساب الزيادة في كتل

هذه الجسيمات بسبب سرعاتها . وقد أيدت النتائج نظرية أينشتين ، ولو أننا كنا نعيش في دنيا تكون السرعات فيها مقاربة لسرعة الضوء لكنا عرفنا من زمن طويل كل شيء تقول به هذه النظرية ، وما كنا وجدنا فيها إلغازاً أو تعمية بل كنا وجدناها عادية ما أمكن

لم يبق بعد ذلك إلا نتيجة أخرى للنظرية وهي القائلة بأن المادة نوع من الطاقة (١) . ولقد جرت العادة أن نقول عن الطاقة إنها صفة من صفات المادة أو الأثير ، فالأجسام أو الجسيمات التي تكون في متناولنا نستطيع أن نكسبها سرعة أو نشحنها بقدر من الكهربائية أو نضغطها فنكسبها بذلك طاقة . ولم نكن نعلم من قبل أن الجسيمات المادية إنما تمثل لنا طاقة متجمعة متكاثفة . ولكن اتضح في ضوء نظرية أينشتين أن هذه الطاقة موجودة غير أنها كامنة ، وأن مقدارها عظيم هائل . ولكي نعرف مقدار الطاقة التي يمثلها جزء من المادة ما علينا إلا أن نضرب كتلته في مربع سرعة الضوء . فألف بروتون تكافىء إرجاً ونصف إرج ، وتحتوي الأوقية من المادة على كمية من الطاقة كتلك التي تمدنا بها آلة قدرتها ألف حصان في مدة سنتين ونصف سنة . وطاقة الضوء الشمسي الساقط على ياردة مربعة مثلاً باستمرار لمدة سنتين تعادل مليجرام من المادة — وربما استحالت مادةً بعملية كونية غير معروفة . وتفوق طاقة المادة الكامنة هذه بمراحل طاقة الراديوم أو طاقة الالكترونات المتحركة بسرعات هائلة داخل الذرة . إن المادة مخزن للطاقة قد يتفتح لنا في مقبل الأيام . « وبإبادة نقطة واحدة من الماء نتزود لمدة سنة بقدرة مائتي حصان »

وبعد فهذا موجز لآراء أينشتين تجنبت فيه كل بحث رياضي . فلنقنع به إذ أن تفصيلات النظرية صعبة جداً لا يحيط بها مثل هذا العرض البسيط العام الذي يلائم غرض هذا الكتاب. إن نظرية أينشتين ترينا أنه يوجد ثمت شيء في الطبيعة ذو ذاتية قصوى في الكون ، ولكن النظرية لم تقل لنا عنه شيئاً . وكل ما في الأمر أن العقل قد التقط أحد وجوه هذه الذاتية ونقصد به المادة — فلما التقطه خصه بفضاء وزمن لكي توجد فيهما المادة . وليس كثيراً أن نقول إن الكون المادي كله في معناه هذا قد خلقه العقل الفيزيقي الرياضي

(١) سبق ذكر ذلك في الفصل الثالث الخاص ببناء الذرة

الفصل الثالث عشر

نظرية الكم (١)

عندما اتصلت مناحي الفيزيقا الحديثة بطرق محكمة أدى اتصالها هذا الى مجالات غير معبدة ولا خالية من الصعاب والعقبات التي شطرت واحدة منها ، ولعلها أهمها ، علم الفيزيقا شطرين وفصلت بينهما بشق عميق . وتلك هي الخاصة بمسألة لم يكتمل حلها بعد ، والتي تبحث في هل الطاقة ذرية في طبيعتها كالمادة ، وفي هل الطاقة التي يتلقاها الجسم متواصلة أو مكونة من رزم منفصلة أو « كام » والهوة عميقة فيما نرى ولكنها ضيقة أيضاً ، وقريباً تقام جسور لعبرها فتتم بذلك معلوماتنا عن عجائب المادة والفضاء

« روبرت لانون »

عرفنا مما مرَّ بنا في الفصول الأولى من هذا الكتاب أن المادة تتألف من وحدات صغيرة هي الذرات، وأن هذه بدورها تتألف كما تتألف الكهربائية من حبيبات صغيرة هي الالكترونات السالبة الكهربائية والبروتونات الموجبة الكهربائية ، وأن الذرة متعادلة لأن عدد ما بها من البروتونات يساوي عدد ما بها من الالكترونات ، ولأن شحنة هذه تساوي شحنة تلك وتضادها . وقد أطلق على عدد الالكترونات الخارجية غير الموجودة في النواة «العدد الذري للعنصر» (٢) أما الخطوة التي تلي هذه فأساسها ذرية الطاقة — وهذه الذرية هي لب نظرية الكم

لقد مرَّ بنا أن الضوء اهتزاز مستعرض في الأثير ، وأن لهذا الاهتزاز طولاً موجياً هو المسافة بين قمتين أو بين قرارين لموجتين متتاليتين . وأن له ترددا خاصا أي عددا خاصا من الموجات في زمن معين معلوم أو مسافة معينة معلومة . ثم جاء كلارك مكسويل فتخيل أن الضوء مجال كهرطيسي متردد مصدره جسم مشحون بالكهربائية ، وأن هذا المجال يتحرك في مادة غير منتظمة . وجاء هرتز بعد ذلك بكشف جديد مكنهُ من أن يرسل في الفضاء بوسائل

---

(١) يرى بعضهم أن الانسب تسمية هذه النظرية « نظرية الكمات » ويرى غيرهم تسميتها « نظرية المقادير » ولكن لفظ « الكم » شاع وعم استعماله

(٢) أنظر في آخر الكتاب جدول العناصر مرتبة بحسب أعدادها الذرية

كهربائية بحتة موجات لاسلكية لا تختلف عن الضوء في شيء إلاَّ في أن طولها الموجي أكبر كثيراً ، ومن هنا كانت ذات تردد أصغر . وتختلف أطوالها الموجية كما سبق أن قلنا من أميال إلى أمتار . وتجيء بعد هذه سلسلة الأشعة « دون الحمراء » وهي التي تؤدي الى الضوء الأحمر عن طريق الأشعة الحرارية . وأقصر من الضوء البنفسجي تلك الأشعة فوق البنفسجية التي تؤثر في اللوحة الفوتوغرافية . وأقصر من هذه أشعة إكس التي تتولد من اصطدام إلكترونات أشعة المهبط بهدف فلزي ملائم مثبت في جدار أنبوبة أشعة إكس . ومثل هذه الموجات القصيرة « عسرة » كما مرَّ بنا ، أي أن قوة نفاذها خلال الأجسام الصلبة أكبر من قوة أشعة الضوء العادي . ولقد قلنا إن هذه الاشعاعات جميعها متشابهة في الأصل والجوهر ، وأنها تسير بسرعة واحدة ولا تختلف إلاَّ في الطول الموجي فالتردد من ثمَّ . وبين أقصر الموجات اللاسلكية وأقصر موجات أشعة إكس توجد مسافة ضوئية ، كالمسافة الموسيقية ، تشتمل على نحو ثلاثين جواباً ، لا يوجد من بينها إلاَّ جواب واحد تتأثر به العين فتدركه ، وهو الضوء العادي الذي يحتوي على كل ألوان قوس قزح ، من الأحمر فالبرتقالي فالأصفر فالأخضر فالأزرق فالنيلي فالبنفسجي

جئت بهذا المختصر في الأشعاع لأن نظرية الكم إنما استنبطها العلامة الأستاذ ماكس بلانك Max Planck خلال بحثه في إشعاع الموجات الضوئية المنبعثة من جسم محمي . ويمكن وصف الأشعاع بأنه انتقال الطاقة من ذرات المادة إلى الأثير الذي سبق أن قلنا إنه مقر الموجات الكهرطيسية . وتؤكد نظرية الكم أن هذه الانتقالات لا تحدث متواصلة بل متقطعة خطوة خطوة وأن أصغر قدر منظم في كل خطوة هو الذي يعبر عنه بعبارة « كم الفعل » ويرمز له عادةً في الفيزيقا بالرمز (ه) . فوحدة الشغل هذه يمكن تفسيرها بأنها مقدار الشغل الذي تتمه آلة قدرتها حصان واحد في دقيقة واحدة . ولقد أوضحت هذه النظرية القائلة بأن الفعل يحدث في « هزات » فجائية صغيرة كثيراً من النقط الغامضة في الأشعاع ، وعينت المقدار العددي لحجم ذرة الايدروجين ولمقدار وحدة الشحنة الكهربائية ، وطبقها أينشتين وغيره في دراسة الحرارة الذرية للاجسام . وقد كان أينشتين أول من خطا بهذه النظرية خطوة أخرى جريئة مدهشة حيث طبقها على الضوء ، ونادى بأن الضوء أيضاً مكوَّن من وحدات أو كمام [1] .

وقد أمكن تطبيق هذا الرأي في دراسة ما يسمى « التأثير الكهربائي الضوئي أو الكهرضوئي » الذي يمكن تفسيره وتوضيحه هكذا : إن اللوح الفلزي الذي تقع عليه أشعة الضوء القصير طوله الموجي يطلق في الهواء كهارب سالبة أي إلكترونات ، فيصبح من ثمَّ مشحوناً بالكهربائية

(١) اصطلح على تسمية هذه « الكمام » فوتونات جمع « فوتون photon » ويرى البعض ان نسميها « ضوءات » جمع « ضوءة »

الموجية . فاذا كان الضوء ضعيفاً انطلقت بضع إلكترونات فقط ، ولكنها تسير بعد انطلاقها بنفس السرعة التي تسير بها لو كان الضوء شديداً . ومعنى ذلك أن شدة الضوء لا تأثير لها في سرعة الالكترونات المنبعثة وإنما يقتصر تأثيرها على عدد هذه الالكترونات المنطلقة . أما إذا أردنا أن نغير سرعة هذه الالكترونات المنبعثة فما علينا الا أن نغير « لون » الضوء أي تردده . فتردد الضوء إذن يؤثر في السرعة فقط . وقد كان هذا الأمر محيراً لم يمكن تفسيره عن طريق معلوماتنا الأولى السابقة في الضوء . ويمكن تشبيه انطلاق الالكترونات من اللوح الفلزي بانطلاق القنابل من مدفعية . فاذا كانت المدافع قليلة كانت الطلقات قليلة ، ولكن كل طلق يحتفظ بقوته فيبعث بشظاياه المتطايرة بعد الانفجار إلى عين المسافة التي تصل إليها قنابل مدفعية من صنف الأولى ولكنها تبلغ ضعفها في عدد المدافع . فلتغيير نوع الانفجارات يجب أن يغير نوع المدفع أو عياره . والنتيجة التي لا محيص عنها أن الضوء يصل على هيئة « ذرات » أو « رزم » أو « كام » تكون أشبه شيء بالقنابل المنطلقة . ويلاحظ أن « الكم الضوئي » هو إحدى وحدات الطاقة لا وحدات الشغل ، وأن حجمه يتوقف على « لون » الضوء . وهو يساوي في الحقيقة تردد الضوء مضروباً في (هـ) التي تسمى أيضاً « ثابت بلانك » لأن مقدارها ثابت كما مرَّ بنا . ومن ثمَّ كانت « رزم » الضوء ذي الطول الموجي القصير والتردد الكبير كضوء أشعة إكس مثلاً ، أقوى الرزم وأشدها . وواضح أن فكرة الكم الضوئي هذه بعيدة جداً عن الفكرة القائلة بأن الضوء إهتزاز متواصل في « أثير » متواصل . ومما يجدر ذكره أنه لم ينجح أحد في التوفيق بين الرأيين

والآن فلنعد إلى صورة المجموعة الشمسية التي رسمناها للذرة ، ولنحاول ترجمة « التأثير الكهرضوئي » في صورة فكرة الكم وعلى أساس هذا التصوير. إن الذي يحدث واضح وبسيط جداً ، فالطاقة المحولة إلى ذرات اللوح الفلزي عن طريق إطلاق الضوء عليه تحمل بعض الالكترونات الدائرة في أفلاكها تتجه في حركتها إلى الخارج مبتعدة عن متناول جذب النواة لها ، فتسبح حرة طليقة في الهواء . ولكن إذا كانت كام الضوء ضعيفة لا تقوى على ذلك كله فان عملها يقتصر على زحزحة الالكترونات من أفلاكها . والواقع أن هذه الالكترونات تنتقل فجأة من فلك إلى فلك آخر يكون فيه توازن الجذب أكثر استقراراً وتكون الطاقة أقل مقداراً . وهنالك ينطلق فرق الطاقتين دفعة واحدة . فيتولد الضوء طفرة ، ويسير على هيئة كم ثابت لا يقبل التجزئة . وفي هذا الصدد يقول الاستاذ دافيد لاندزبرو طمسن D.Landsborough Thomson أصغر أبناء المرحوم العلامة سير . ج. آرثر طمسن ما يأتي : —

« يقتصر عمل كام الضوء على أبعاد إلكترونات الذرات إلى الخارج قليلاً عن نوياتها بحيث

لا يفصم بعدها ولا سرعتها عرى ارتباطها الكهربائي بالنويات ، وتكون الذرة عندئذ قد شحنت بالطاقة ، ويكون أحد إلكتروناتها قد ابتعد عن النواة أكثر من اللازم ، وتكون أشبه شيء باللولب المنفرط في يد الصبي . فعندما ينكمش يعود الالكترون إلى مقره القديم على الفور ، ولكنهُ إذ يعمل ذلك يترك الأثير الطاقة التي يكون قد أخذها منه — أي أنهُ بعبارة أخرى يشع ضوءاً . »

ربما يبدو لأول وهلة أن الالكترونات تدور حول النواة على أي بعد تريده ، أي أنها تنزاح إلى الخارج أو إلى الداخل إلى أي مدى . ولكن نظرية الكم ، على النقيض من نظرية الضوء القديمة ، تحدثنا بأن الأمر ليس كذلك . فالطاقة الضوئية الممتصة أو المنبعثة تكون على هيئة مقادير أو كمام متفرقة . وإذن فلا يمكن أن توجد سلسلة متواصلة من أفلاك يصح للالكترون أن يسبح فيها . ومن هذه الأفلاك الممكنة المتنوعة المتواصلة تنتقي نظرية الكم أفلاكاً «محبوبة» فيها فقط يستطيع الالكترون أن يسبح ، وفضلاً عن هذا توجد علاقة عددية بسيطة تربط هذه الأفلاك ، وهي أن طاقة الأشعاع لا تتغير تغيراً منتظماً متواصلاً مستمراً ، وإنما تتغير بمقادير ثابتة لا تقبل التجزئة هي بمثابة وحدات كاملة . فاذا زادت الطاقة أو نقصت كان ذلك بمقدار هذه الوحدة الثابتة أو بأضعافها ولا يكون النقص أو الزيادة بجزء منها فنقول « كم واحد » و« كمان اثنان » وهكذا دون ذكر كسور الكم حيث لا توجد له كسور . ويكون الكم في هذه الحالة « عزم كمية التحرك » أي كتلة الالكترون مضروبة في سرعته ثم في نصف قطر فلكه

وهنا نقف لحظة لنناقش طيف الايدروجين وما عرف عنه . يبعث الايدروجين في القوس الكهربائي ضوءاً إذا فحص بالاسبكتروسكوب كشف لنا عن مجموعة خطوط ذات طول موجي معين خاص . وهذه الخطوط متباعدة عند نهاية الطيف الحمراء ومتكدسة عند نهايته البنفسجية . وقد استكشفت حديثاً مجموعات أخرى مماثلة في منطقتي الطيف فوق البنفسجية وتحت الحمراء . ومن نحو خمسين سنة استكشف بلمر Balmer قانوناً به نستطيع حساب الأطوال الموجية لجميع أنواع الضوء الذي يشعه الايدروجين . وكان نصراً عظيماً لنظرية بوهر في الذرة وفي الأطياف أنها أنتجت هذا القانون الدقيق عينه من بحوث نظرية بحتة . فذرة الايدروجين هي أصغر ذرة موجودة ، وتتألف من نواة وزنها وحدة الأوزان وشحنتها وحدة الشحن ، يدور حولها إلكترون واحد . فاذا أحيطت الذرة بضوء أو بحرارة فان الالكترون قد يقفز في جوفها إلى أعمق فلك في الداخل ، فيشع ضوءاً بعمله هذا . وهذا الضوء يكون ضمن المجموعة فوق البنفسجية ، ويتوقف طوله الموجي الحقيقي على المسافة التي يكون الالكترون قد تقهقر إليها ، وبقدر عدد الخطوط الموجودة في تلك المجموعة من الطيف يكون عدد المسافات أو الأفلاك الممكنة . أما إذا لم يبلغ

الالكترون أعمق فلك في جوف الذرة ، كأن بلغ الفلك الثاني مثلاً ، فان الضوء المنبثق يكون من المجموعة الثانية أي المنظورة وهكذا . كل هذا بسيط ولكن توجد نقطتان معقدتان : الأولى أن الالكترون في أثناء دورانه في أحد الأفلاك بسرعة ١٥٠٠ ميل في الثانية لا يتخلى للأثير عن شيء من الطاقة ولا هو يكتسب منه شيئاً من الطاقة ، فكأنما هو مستقر راكد ، والثانية أن القفزة من فلك لآخر تبدو كأنها تحدث فجأة ، أي تكاد لا تستغرق زمناً البتة

فنظرية بوهر هذه في الذرة وفي الأطياف ، وهي التي شرحناها في الفصل الثالث والتي لخصناها من جديد هنا للزوم ذلك ، قد توسعوا في تطبيقها في كل منحى فأتت بنتائج مثمرة جداً أيدتها التجارب في كل خطوة ، وكان منها أن أكسبت العلم قدرة على التنبؤ . وتوسع العالم سمرفيلد Sommerfield في فكرة الأفلاك الالكترونية الدائرية وجعلها تتضمن أفلاكاً إهليلجية فلما طبقت نظرية النسبية كانت النتيجة أن الالكترونات في الأفلاك الأكثر إهليلجية تتحرك بسرعات متغيرة فتتغير كتلها من ثم ، إذ أن الكتلة تتغير بتغير السرعة كما مرّ بنا في نظرية النسبية ويظهر هذا في الطيف على هيئة إنشقاق طفيف في خط الضوء الظاهر يؤلف « بناء دقيقاً » مكوناً من جملة خطوط تتفق تماماً والنتائج التي حصلوا عليها حسابيًّا من نظرية النسبية الخاصة

وهناك تطبيق آخر لنظرية النسبية في هذا الصدد يفهم منه أن حاصل جمع اثنين واثنين لا يساوي أربعة . فالمعتقد أن نواة ذرة الهليوم ، وهي الذرة التي تلي ذرة الايدروجين في الوزن ، تتألف من أربعة بروتونات أي من أربع نويات من نوع نواة ذرة الايدروجين لصقت ببعضها واندمجت بأحكام شديد . ولكن الأمر المحير هو أن وزن ذرة الهليوم أقل قليلاً من وزن أربع ذرات إيدروجين . والمظنون أن الاتحاد الرباعي في نواة ذرة الهليوم يحدث ويستقر بعد بذل جزء قليل جداً من الطاقة ، في حين يكون للوحدات الأربع المنفصلة طاقة أكبر ، ومن ثمّ تحتم أن يكون لها وهي منفصلة مجموعة كتل أكبر كما رأينا . وإنها في الحقيقة لكذلك . وما أشبه ذلك بنقص حجم مزيج من الكحول والماء عن مجموع حجميهما منفردين . ولكن تعليل النقص في الحجم معقول ، أما تعليل النقص في الوزن فأمر محير حقيقة

على أن أعجب نتائج النظرية هي تلك التي استخلصها بوهر وسماها « قاعدة المقابلة » بين نظرية الضوء القديمة ونظرية الكم الجديدة . لقد سبق أن قلنا إن هاتين النظريتين متباينتان ، ولكن من الجائز مع ذلك أن نتصور ذرة ذات إلكترون يتحرك في فلك كبير جداً بحيث يكون الضوء المنبعث منها واحداً سواء حسب مقداره عن طريق النظرية الجديدة أو القديمة . ولاحظ أن هذه حالة لا يمكن تحقيقها في الواقع . فماذا نرى ؟ نرى أن النظرية القديمة تسمح لنا باجراء بعض حسابات عن شدة الضوء المنبعث وعن مسلكه ، ولكن النظرية الجديدة لا تسمح .

فما نفع ذلك إذن في حالة تخيلية بحتة ؟ وهنا تؤكد لنا قاعدة المقابلة هذه أن تبادل النظريتين الذي أمكن تبريره في الحالة التخيلية النظرية يكون صحيحاً بحق في كل حالة ممكنة . والأعجب من هذا كله أن هذه الحسابات المبنية على هذا الفرض تتفق تماماً مع كل من التجربة والبحث النظري الناقص المبني على نظرية الكم فقط . ومن ذلك يظهر أنه يصح لنا أن نستخدم إحدى النظريتين لمساعدة الأخرى إن قامت في سبيل هذه بعض الصعاب . والخلاصة أن الرأيين القديم والحديث بخصوص الضوء لا يختلفان معاً ، ولكنهما فقط يسيران في اتجاهين مختلفين . أما كيف يحدث ذلك فأمر نجهله ، ولكن ما أشبهه برؤية منظر واحد من نقطتين مختلفتين

والحق توجد مشاكل لا تزال قائمة ، وحلها موكول لجهود العلماء في المستقبل . ولكن هذا لا يمنع أن نقول إن في تلك الفروض قسطاً وافراً من الحقيقة . على أن استمرار العلماء في البحث والدرس والتمشي مع النظريات الحديثة إلى النهاية هو وحده كفيل باظهار الحق من الباطل . ويحسن أن نختم هذا الفصل بكلمة قالها العلامة إدنجتون في كتابه « الفضاء والزمن والجاذبية » لخص فيها مركز نظرية الكم أحسن تلخيص . قال : —

« تنحصر الحقيقة الفيزيقية في تركيب كل ما أمكن تركيبه من الأوجه الفيزيقية الطبيعة . ويمكن أن نضرب لذلك مثلاً توضيحيًّا نأخذه من ظواهر الطاقة المتشععة أو الضوء . ففي ظواهر كثيرة جدًّا يبدو الضوء المنبعث من الذرة على هيئة سلسلة أمواج منتشرة . وفي ظواهر أخرى كثيرة أيضاً يبدو الضوء كأنما هو حزمة صغيرة من الطاقة التي يمكن أن تقتحم ذرة واحدة فتسبب انفجارها . وقد يكون في هذه الاستنتاجات التجريبية بعض الضلال ، ولكن إذا لم يكن الأمر كذلك فيجب الجهر بأن الحقيقة الفيزيقية المفسرة للضوء تقتضي أن يكون بناء تركيبيًّا ما ، يجمع ما بين هذين المظهرين . أما كيف يكون ذلك التركيب فذلك ما حارت فيه العقول والأفهام إلى يومنا . غير أن الدرس الذي نستخلصه هو أن الوصول إلى الحقيقة إنما يتم حينما تتحد جميع وجهات النظر المفهومة المعقولة »

الفصل الرابع عشر

الميكانيكا الجديدة

ترسم الميكانيكا الموجية الجديدة التي وضعها شرودنجر صورة لجوف الذرة تختلف عن الصورة البسيطة التي رسمتها نظرية بوهر، بل نراها طغت عليها وحلت بسرعة محلها. وحتى الالكترون هذه الميكانيكا يختلف أيضاً كل الاختلاف عن الالكترون نظرية بوهر القديم. وهو لا يكون كهذا الالكترون القديم الا حينما يكون فقط على مسافة لانهائية من النواة. أما حينما يقترب من هذه النواة تدريجياً فانه يعاني انقلاباً تخلقياً من نوع لم ينجح أحد قط في تفسيره

« جينز »

تمتاز السنون العشر الأخيرة من القرن التاسع عشر بظهور النظرية الالكترونية، وتمتاز السنون العشر الأولى من القرن العشرين بظهور نظرية النسبية، والسنون العشر الثانية بظهور نظرية الكم. أما السنون العشر الثالثة من القرن العشرين فتمتاز بظهور الموجات المادية وما ترتب عليها من انشاء الميكانيكا على أسس جديدة

ولقد كان من آثار نظرية الكم أنها أبرأت نظرية الضوء الموجية من عيوبها، وأظهرت في الوقت ذاته أن نيوتن لم يكن مخطئاً كل الخطأ في اعتباره الضوء متألفاً من دقائق كرية، حيث أنها أثبتت أن حزمة الضوء يمكن اعتبارها مجزأة إلى وحدات منفصلة قائمة بذاتها اسمها « كم ضوئية » أو « فوتونات » وأن هذه الوحدات تشبه همرة المطر انقسمت رذاذاً، أو وابلاً من الطلقات تفرقت فصارت قطعاً رصاصية صغيرة منفصلة، أو غازاً تناثرت جزيئاته.

ومن عجب أن الضوء في الوقت عينه لا يفقد ميزة التموج، فكل رزمة ضوئية لها من هذا التموج قدر معين، هو طول خاص يقترن بها ونسميه نحن « الطول الموجي » وذلك لأن هذا الضوء يسلك إذا مر من خلال منشور زجاجي مسلك الموجات التي لها هذا الطول الخاص. ويتألف الضوء ذو الطول الموجي الطويل من رزم صغيرة، ويكون مقدار الطاقة الموجودة في كل رزمة متناسباً تناسباً عكسياً مع هذا الطول الموجي، أي أننا نستطيع دائماً أن نحسب طاقة الفوتون من طول موجته، والعكس بالعكس، ويصعب علينا هنا أن نلخص جميع البينات التي اثبتت عليها

هذه الآراء ، ولكنها كلها دون استثناء تدل على أن الضوء يسير ، كما كشفته الأجهزة الدقيقة ، على هيئة فوتونات غير مجزأة ، ولم تكشف المشاهدات والتجارب كلها عن وجود كسر من الفوتون ، بل إنها لم تشر حتى إلى ما يدل على توقع حدوث هذه التجزئة . وإليك مثلين يجلوان الأمر كله

فالأشعاع إذا كانت ظروفه مؤاتية يمكنه أن يجزىء الذرة التي يصدمها . وقد كشف البحث في الذرات المجدوعة ، أي التي فقدت بعض إلكتروناتها ، عن مقدار الطاقة التي أطلقت على كل ذرة فجزأتها . وقد ثبت ثبوتاً لا شك فيه أن هذه الطاقة تعدل بالضبط طاقة فوتون واحد ، وذلك بناء على الحساب المؤسس على طوله الموجي المعروف . فكأنما جيش من الضوء التقى بجيش من المادة . وقد مرّ بنا أن الجيش الأول جنوده الفوتونات ، وأن الثاني جنوده الذرات . والغريب في أمر هذه المعركة أن الصراع فيها كان جندياً لجندي

والمثل الثاني أن الاستاذ كمبتون Compton الشيكاغي درس حديثاً ما يحدث حينما تتساقط أشعة إكس على الالكترونات . فوجد أن الأشعاع يتفرق تماماً كما لو كان متألفاً من جسيمات مادية من الضوء — أي من فوتونات — تتحرك على هيئة وحدات منفصلة ، وكانت الجسيمات هذه المرة كالرصاص المنطلق في ساحة الحرب فأصابت كل ما اعترضها من الالكترونات . وقد أمكن من مدى انحراف الفوتونات الفردية عن طريقها عند حدوث هذه المصادمات حساب طاقة الفوتون ، فوجد للمرة الثانية أن قدر هذه الطاقة يتفق وقدرها المحسوب من طولها الموجي

فهذا الرأي القائل بعدم قابلية تجزئة الفوتون يدفع بنا من جديد إلى حالة اللبس وعدم التثبت . وذلك لأنه أمكن في تجارب أخرى أن تنقسم حزمة الضوء قسمين يسلك كل منهما طريقاً يخالف طريق الآخر . فاذا ما تضاءلت الحزمة فصارت فوتوناً واحداً فانها لا بد متبعة هذا الطريق أو ذاك ، ولا يمكنها أن توزع نفسها على الاثنين معاً لأن الفوتون لا يمكن أن يتجزأ فاختيار الفوتون طريقه إذن شيء احتمالي لا يقيني

ومن ثمّ يبدو لنا أن نظرية الدقائق والنظرية الموجية مخطئتان كلتاهما أو مصيبتان كلتاهما . والحق ان الضوء ، بل الأشعاع بجميع أنواعه وصيغه ، جسيمات وموجات في آن واحد . ففي تجربة الأستاذ كمبتون يسقط الأشعاع الاكسي على الالكترونات المنفردة ، ويسلك مسلك وابل من الجسيمات المنفردة ، وفي تجربة لاو Laue وبراج Bragg وغيرهما يسقط نفس الأشعاع على البلورة الجامدة ويسلك مسلك الموجات المتعاقبة . وسيان في الطبيعة أن يقلد الأشعاع كلاً من الجسيمات والموجات في وقت واحد . فهو يسلك مسلك الجسيمات آناً ، ومسلك الموجات

آناً آخر ، وليس هناك ثمة قانون عام يستطيع أن يحدد لنا المسلك الذي يختاره في أية حالة خاصة

وواضح أننا في هذا الصدد لا نستطيع أن نحتفظ للطبيعة بوحدتها وانسجامها إلاَّ إذا افترضنا أن الجسيمات والموجات شيء واحد في الجوهر . وهذا يصل بنا الى النصف الثاني من قصتنا ، وهو النصف الأكثر إثارة لدهشتنا . فنصفها الأول الذي انتهينا من سرده ينحصر في أن الأشعاع يمكن أن يظهر آناً على هيئة موجات وآناً على هيئة جسيمات . والواقع أنه قد استكشف حديثاً أن طبيعة الالكترونات والبروتونات اثنينية كطبيعة الأشعاع . فالالكترونات والبروتونات تبدوان أيضاً على هيئة جسيمات وعلى هيئة موجات في آن واحد

حينما أفسحت نظرية الدقائق التي وضعها نيوتن الطريق لنظرية التموج صار من الضروري تفسير كيف أن الموجات في تعاقبها تشبه وابلاً من الجسيمات فتتحرك في خط مستقيم إلاَّ إذا انحرفت عن مجراها منعكسة أو منكسرة . فاذا كانت حزمة ضوء الشمس المنطلقة من شق في مصراع متألفة من موجات فطبيعي أن نتوقع انتشارها في الحجرة كلها كما ينتشر التموج فوق سطح مستنقع من الماء بأكمله ، أو كما تنتشر حزمة الضوء الرفيعة جداً من ثقب صغير ، أي على شكل حلقات حيود . ومع ذلك فقد أثبت كل من ينج Young وفرينل Fresnel أن سلسلة الموجات المتعاقبة غير المضطربة ذات السعة الكافية يمكن أن تتحرك على هيئة حزمة لا تموجات جانبية فيها — فكأنها همرة من جسيمات تتحرك طواعية واختياراً — وتنعكس مرتدة من سطح مرآة بنفس الطريقة التي يرتد بها المقذوف إذا ما أصاب سطحاً يابساً . وقد ثبت أيضاً أن مثل مجموعة الموجات هذه تنكسر خاضعة لقوانين الانكسار في الضوء . وأخيراً إذا سارت مثل هذه المجموعة خلال وسط تتغير باستمرار قدرته الكاسرة فان طريقها يشبه طريق الجسيم الذي يدفع إلى الانحراف عن مساره المستقيم بوساطة قوى تؤثر فيه باستمرار

وعلى ذلك فما تستطيعه جسيمات نظرية الدقائق تستطيعه مجموعة الموجات المتعاقبة . بل اننا في كل حالة تخفق فيها الجسيمات تجد مجموعة الموجات تنجح كل النجاح . وبهذه الطريقة تكون جسيمات نيوتن المفترضة قد تحللت إلى مجموعات

وفي السنين الأخيرة تحللت أيضاً الجسيمات المكونة للمادة المادية — ونقصد بهذه الجسيمات الالكترونات والبروتونات — إلى مجموعات من الموجات على هذا النمط السابق . وقد سبق أن أشرنا إلى ذلك في الفصل الثالث . فقد وجد في حالات كثيرة أن مسلك الالكترون أو البروتون معقد لا يمكن تفسيره بأنه حركة جسيم ، ولذا حاول لويس دي برولي Louis de Broglie وشرودنجر وآخرون تفسيره بأنه مسلك مجموعة من الموجات ، فوضعوا بمحاولتهم هذه أساس فرع جديد من فروع الفيزيقا الرياضية هو المعروف الآن باسم « الميكانيكا الموجية »

إننا إذا راقبنا كرة الصبي العادية وهي ترتد واثبة من سطح الأرض وجدنا حركتها مشابهة لحركة حزمة ضوئية انعكست من سطح مرآة . فالكرة إذن ترتد أو تنعكس من سطح الأرض . أفلا يسمح لنا هذا بأن نصف الكرة بأنها مجموعة موجات ؟ يقول جينز إنه يسمح بلا شك ، ولكننا لا نريده لأننا لا نرى — أو نظن أننا لا نرى — إلاّ شيئاً واحداً وهو أن كرة الصبي ليست مجموعة موجات

على أن الأمر يكون غير ذلك لو أن الجسم المتحرك لم يكن كرة بل كان إلكتروناً . وإذا كان قد لوحظ أن حركة الالكترون المرتد من السطح تشبه مجموعة الموجات فليس ثمة ما يحول دون احتمال أن يكون الالكترون مجموعة موجات . ولا يستطيع أحد بعد أن يقول : « هذا غير مهم ، لأني أستطيع أن أرى الالكترون فهو لذلك لا يكون مجموعة موجات » لأنه لم يرَ أحد قط إلكتروناً بالذات ، وليست لدى أي إنسان فكرة ما عن شكله . وعلى ذلك كان لنا أن نعتبر الالكترون مجموعة موجات ، وأن نعتبر دقائق نيوتن الصغيرة مجموعة موجات كذلك . ولكي نثبت أن الالكترون في الواقع مجموعة موجات يجب أن نعود الى الظواهر التي يختلف فيها مسلك الجسم الصلب عن مسلك مجموعة الموجات ، وقد وجد أن الألكترون في كل حالة يسلك مسلك مجموعة الموجات . وهناك ظاهرة خاصة هي ظاهرة همرة الألكترونات المرتدة من لوح فلزي ، فهذه الألكترونات لا ترتد كما ترتد همرة البرد أو كرات اللعب ولكنها تحدث حيوداً يشبه الحيود الحادث من مجموعة الموجات (١) . وهذا بطبيعة الحال لا يدل على أن الالكترون متألف بالفعل من موجات ، ولكنه يدعو على الأقل إلى التساؤل عما إذا كانت مجموعة الموجات لا تمدنا بصورة للالكترون أحسن من الصورة التي يمدنا بها الجسم اليابس أو هي تمدنا . والواقع أنها تمدنا بصورة ما أخفقت قط في الأنباء عن حقيقة مسلك الألكترون ، في حين أن القول بأن الالكترون كالجسيم الصلب قد أخفق في كثير من الحالات

وقد برهنت الميكانيكا الموجية الجديدة على أن الألكترون أو البروتون المتحرك لا بدّ أن يسلك كما تسلك مجموعة موجات ذات طول موجي معين . وهذا يتوقف على كتلة الجسيم المتحرك وعلى سرعة حركته ، ولا يتوقف على غيرها . أما الأطوال الموجية المنسوبة للالكترونات والبروتونات المتحركة في أجهزة المعامل طوعاً لظروف خاصة فيمكن قياسها بسهولة بأجهزة خاصة

وقد أجرى دافيسون وجرمر Davisson & Germer بأميركا والأستاذ ج . ب . طمسن G. P. Thomson بأبردين وروب Rupp بألمانيا وكيكوشي Kikuchi باليابان ودوفيلييه

(١) تبدو الالكترونات في الصور الفوتوغرافية كالجسيمات اذا هي اخترقت غازاً ، وكالموجات اذا هي اخترقت الفلزّ رقيقاً او ارتدت منه . وتكون في الحالة الثانية مشابهة تماماً لصور الفوتوغرافية لحيود الحزمة الضوئية

Dauvillier بفرنسا ، تجارب على انعكاس الالكترونات وانكسارها . وقد كانت تطلق الالكترونات المتحركة في هذه التجارب على سطح فلزي أو خلاله كما تنطلق الحزمة المتوازية ثم تؤخذ لكل حالة صورة فوتوغرافية . ولم يكن تأثر اللوحات الفوتوغرافية مشابهاً لتأثرها في حالة ما إذا سلكت الألكترونات مسلك وابل من الخردق الصغير أو من أية جسيمات أخرى جامدة . فقد كانت الصور التي حصلوا عليها صور حيود متآلفة من مجموعة حلقات متحدة المركز ، مضيئة ثم مظلمة على التبادل . وكأن الصور صور موجات ذات طول موجي معين سقطت على الفلز . ولما قيس الطول الموجي وجد أنه مساو بالضبط للمقدار الذي تنبأت به قوانين الميكانيكا الموجية . وحديثاً نجح الأستاذ ا . ج . دمبستر A. J. Dempster الشيكاغي في الحصول على ذلك بالنسبة للبروتونات المتحركة

فهذه التجارب وغيرها قد أظهرت أن الموجات والأطوال الموجية المقترنة بالالكترونات والبروتونات المتحركة شيء أكثر من الخرافة البحتة على الأقل . إنها أسفرت بلا نزاع عن شيء ذي طبيعة موجية . أما الصورة التي أظهرت الألكترونات والبروتونات المتحركة على هيئة مجموعات من الموجات فتفسر مسلك هذه الالكترونات والبروتونات ، سواء أكانت في داخل الذرة أم في خارجها ، تفسيراً أحسن من تفسير الصورة القديمة التي اعتبرت الالكترونات والبروتونات مجرد جسيمات من الكهربائية

نستطيع أن نجمل ما مضى بأن نقول إن مكونات المادة ، وهي الالكترونات والبروتونات ثم الأشعاع ، تنكشف لنا عن طبيعة مزدوجة ، وما دام العلم يتناول الظواهر الكبيرة المدى فالصورة الطبية التي رسمها المادة والأشعاع لا يمكن الحصول عليها إلاّ إذا فرضنا أنهما يتألفان من جسيمات ولكن إذا ما اقترب العلم من الطبيعة ومضى في دراسة الظواهر الصغيرة المدى فانه واصل حتماً إلى أن المادة والأشعاع ينحلان إلى موجات

فاذا أردنا أن نفهم طبيعة الأشياء الأساسية وجب أن نوجه أنظارنا صوب هذه الظواهر الصغيرة المدى ، ففيها تختبيء الطبيعة القصوى للأشياء حيث لا نجد أمامنا إلاّ موجات

وعلى هذا النمط بدأ الفيزيقيون يشتبهون في أننا نعيش في كون من الموجات ، ولا شيء غير الموجات . وفيما مضى ما يكفي لأن نلاحظ أن العلم الحديث قد انتحى منحًى جديداً فابتعد كثيراً عن الرأي القديم القائل بأن الكون ليس إلاّ مجموعة من قطع مادية جامدة تبد موجات الأشعاع كأنها ساقطة عليها عرضاً وعن غير قصد

***

سبق أن قلنا إن الأثير المقول بأنهُ مقر الاشعاع يملأ رحاب الفضاء ، فهو ذو أبعاد أربعة

أحدها الزمن . أي أنهُ توجد أربعة أبعاد للأثير الذي فيه تسير الموجات المؤلفة لإلكترون واحد معزول في الفضاء . وقد يكون هذا الأثير مشابهاً للأثير الأول ، وقد يكون غير مشابه له . ولكنهُ يتفق معه في أن له ثلاثة أبعاد مكانية وبعداً زمنياً رابعاً . غير أن الالكترون الواحد المعزول في الفضاء يعدنا بكون عديم الحوادث ، وأن أبسط ما يمكن أن يقع فيه من الحوادث حادث تلاقي إلكترونين ، فلكي تصف الميكانيكا الموجية ما يحدث عندئذٍ أبسط وصف نراها تقول بوجود مجموعة موجات في أثير ذي سبعة أبعاد ، ستة منها مكانية — ثلاثة لكل إلكترون — وواحد زمني . ولكي تصف تلاقي ثلاثة إلكترونات يحتاج الأمر إذن إلى أثير ذي عشرة أبعاد ، تسعة منها مكانية — ثلاثة لكل إلكترون — والعاشر زمني . ولولا ذلك البعد الزمني الذي يربط الجميع معاً لوجدت الالكترونات في أفضية ثلاثية الأبعاد منفصلة غير متصلة . وإذن فالزمن يشبه ملاط البناء حيث أنهُ يصل ما بين لبنات المادة ويحزمها حزماً . أو بعبارة أخرى ربما كانت أقرب إلى الواقع كما يقول جينز « إن الالكترونات أمور ذهنية ، والزمن هو عملية التفكير فيها »

ويتفق معظم الفيزيقيين على أن الفضاء السباعي الأبعاد الذي تصور فيه الميكانيكا الموجية تلاقي الكترونين خيالي محض ، ومن ثمَّ وجب أن تعتبر الموجات التي تصحب الالكترونات خيالية أيضاً . وهنا يقول شرودنجر فيما كتبه عن الفضاء السباعي الأبعاد « إنه على الرغم من أن له معنىً فيزيقياً معيناً إلاَّ أنهُ لا يمكن القول بوجوده،ومن ثمَّ فالحركة الموجية في هذا الفضاء لا يمكن أن يقال عنها إنها موجودة بالمعنى المادي المقصود من الكلمة . إنه في الحقيقة مجرد وصف رياضي (ماثماتيقي) دقيق لما يحدث. وكذلك لا يتحتم في حالة الالكترون المنفرد وجود الحركة الموجية بالمعنى الحرفي أيضاً مع أنهُ قد وجد أن الفضاء المتخيل المقول به ينطبق على الفضاء المادي في هذه الحالة البسيطة الخاصة »

يصعب علينا أن ننسب لإحدى مجموعتي الموجات درجة من الصحة أقل من درجة الأخرى ومن البله أن نقول إن موجات الالكترون الواحد حقيقية في حين تكون موجات إلكترونين خيالية . وقد ظهر من التصوير الفوتوغرافي لموجات الالكترون الواحد أنها جد حقيقية حيث أوجدت لنا طبقات حيود . ولكننا نستعيد الاتزان والتوافق الكاملين إذا نحن فرضنا أن جميع الموجات سواء في الصحة والبطلان ، بقطع النظر عن كونها موجات إلكترونين أو إلكترون واحد أو موجات لوحة الأستاذ طمسن الفوتوغرافية

ويقول جينز إن بعض الفيزيقيين يرون معالجة هذا الموقف بأن يعتبروا موجات الالكترون موجات احتمالية . فعند ما نتكلم عن موجة مادية مثلاً فاننا نقطع بوجود موجة مادية من الماء

تبلل كل ما يعترضها . وحينما نتكلم عن موجة حرارية فاننا نقصد شيئاً يسخن كل ما يعترض طريقه على الرغم من أن الموجة الحرارية غير مادية . ولكن حين تتكلم الجرائد مثلاً عن موجة انتحار فهي لا تقصد أن كل شيء في طريق الموجة يجنح إلى الانتحار، وإنما هي تقصد فقط أن ميله إلى ارتكاب ذلك يتزايد . فاذا مرت موجة انتحار ببلد مثلاً ارتفعت فيه نسبة الموت من الانتحار، ولكنها إذا مرت بجزيرة روبنصن كروزو أو حي بن يقظان فان احتمال أن هـذا الساكن الوحيد يقتل نفسه قد يرتفع أيضاً . فالموجات التي تمثل إلكتروناً واحداً في نظر الميكانيكا الموجية لا تخرج عن كونها موجات احتمال تعين شدتها في أي نقطة درجة احتمال وجود الالكترون في هذه النقطة

وعلى ذلك فعند أي نقطة في لوحة الاستاذ طمسن الفوتوغرافية الحيودية تعين شدة الموجة درجة الاحتمال التي بها يمكن أن يصيب إلكترون واحد حائد اللوحة في هذه النقطة . فاذا ما حاد جمع بأكمله من الالكترونات فالعدد الكلي للالكترونات التي تصيب أية نقطة يتناسب بطبيعة الحال مع درجة احتمال إصابة كل إلكترون بمفرده هذه النقطة ، وبذلك يعطينا اسوداد اللوحة مقياس الاحتمال لكل إلكترون

ولقد كان لوجهة النظر هذه خطرها الكبير حيث أنها مكنت الالكترونات من الاحتفاظ بذاتيتها . فاذا كانت الموجات الالكترونية موجات مادية حقيقية فان كل مجموعة موجات تكون عرضة لأن تشتتها التجربة ، فلا يمكن أن تبقى في الوجود جسيمات متكهربة كتلك الموجودة في الحزمة الحائدة . والحق أن كل مهاجمة للمادة تنتهي إلى تجزئة الالكترونات ، ومن ثمَّ لا يمكن اعتبار هذه أبنية ثابتة مستديمة . على أن همرة الالكترونات ـ لا الالكترون الواحد ـ هي التي تحيد فعلاً بالطبع ، أما الالكترونات المنفردة فتتحرك كما تتحرك الجسيمات وتستبقي ذاتيتها وشخصيتها على هذه الصورة

ويتفق هذا كله مع « قاعدة عدم الجزم » أو « قاعدة عدم التثبت »(١) التي قال بها هيسنبرج Heisenberg والتي تجعل من المستحيل علينا أن نقول مثلاً : إن هذا الالكترون هنا ، في

---

(١) هي المسماة بالانجليزية principle of indeterminacy أو uncertainty principle وهي التي تدل كما يقول جينز « على أنه مادمنا نستطيع غزو الطبيعة بالفوتونات الكاملة فقط فانه لا أمل البتة في الحصول على معلومات مضبوطة تماماً بخصوص كل من الزمن والفضاء . فالضبط في أيهما انما يحصل عليه على حساب عدم الضبط في الآخر . اننا نستطيع فقط ان نمنع وخز الحذاء في موضع ما من القدم بجعله يخزه في موضع آخر منه» فكأنما يريد هيسنبرج أن يظهر في قاعدته تلك « ان الطبيعة تكره الضبط والاحكام قبل كل شيء »

هذه النقطة بالضبط ، وانه يتحرك بسرعة كذا أميال بالضبط في الساعة ، إنما نستطيع التكلم فقط بصيغ الاحتمالات

ويرى دراك Dirac أنه من الضروري بسط عدم الجزم أو عدم التثبت هذا على الفيزيقا الذرية كلها . فهو يقول «عندما نشاهد أية مجموعة ذرية في حالة معلومة فان نتيجة المشاهدة لا يمكن أن تكون في الجملة معينة محدودة ، بمعنى أنه إذا أعيدت التجربة عدة مرات في ظروف متطابقة فانه يمكن الحصول على عدة نتائج مختلفة . فاذا أعيدت التجربة عدداً أكبر من المرات فاننا لا نحصل على نتيجة خاصة ما الا في بعض منها ، فلا يسع الانسان الا أن يقول بأن ظهورها في التجارب محتمل . والعجيب أن النظرية تمكننا من حساب هذا الاحتمال . وقد يكون الاحتمال في حالات خاصة مساوياً الوحدة ، وعندئذ تكون نتيجة التجربة محددة معينة تماماً »

ويرى هيسنبرج وبوهر أن الموجات الالكترونية يجب اعتبارها مجرد تمثيل رمزي لما نرجحه عن حالة الالكترون ومركزه . فاذا كان الأمر كذلك فهذه الموجات تتغير إذا تغيرت معلوماتنا وبذلك تصير ذهنية على الأكثر . وعلى ذلك فلا حاجة البتة إلى الظن بأن الموجات مقيمة في الفضاء والزمن ، إذ أنها ليست إلا مجرد تخيلات عن الطبيعة الموجية ذات القوانين الرياضية ، ولكن هذه الطبيعة كلها استنتاجية استدلالية تجريدية

وهناك رأي أرجح من هذا استخلص أيضاً من إشارة أبداها بوهر ، وهو القائل بأن أصغر ظواهر الطبيعة لا ترضى قط أن تمثل في المتصل الفضازمني . وعلى ذلك يكون متصل نظرية النسبية ذو الأبعاد الأربعة صالحاً فقط لبعض الظواهر الطبيعية التي من بينها الاشعاع في الفضاء الطليق والظواهر الكبيرة المدى ، أما الظواهر الأخرى فلا يمكن تمثيلها إلا في خارج هذا المتصل . مثال ذلك قوة الشعور والوعي عند الانسان ، فهذه قوة خارج المتصل . وقد مر بنا كيف أن تلاقي إلكترونين يمكن تصويره في سبعة أبعاد ، والمعقول أن الحوادث التي تحدث في خارج هذا المتصل تعين ما نسميه « مجرى الحوادث » في داخل المتصل . ولا ينشأ عدم التحديد الظاهري الذي تبديه الطبيعة الا من محاولتنا إرغام الحوادث التي تحدث في أبعاد كثيرة على أن تحدث في أبعاد أقل عدداً . تصور مثلاً نوعاً من الديدان العمياء التي انحصرت مداركها الحسية في سطح الأرض ذي البعدين . ومعلوم أن أجزاء اليابسة قد تبتلل وتترطب من آن لآخر . فنحن الذين تفهم عقولنا أبعاد الفضاء الثلاثة نسمي هذه الظاهرة همرة مطر ، ونعلم أيضاً ان الحوادث في البعد الثالث للفضاء تعين بغاية الدقة أي النقط تتندى وتتبلل وأيها تبقى جافة . فاذا حاولت هذه الديدان التي لا تشعر بوجود البعد الثالث أن تضع الطبيعة كلها في إطار أو متصل ذي بعدين فهي لا تستطيع أن تستكشف كيف تحدد توزيع البقع الندية والبقع

الجافة . ولا تستطيع الدودة العلمية — إن صحت التسمية — من بين تلك الديدان أن تناقش بلل المساحات الصغيرة وجفافها إلاّ بدلالة الاحتمالات التي لا يسع هذه الدودة العلمية إلاّ أن تعتبرها الحقيقة القصوى . هذا التأويل يتضمن في نظر العلامة جينز أحسن تفسير للموقف وإن كان زمن البت في صحته لم يأن بعد . وكما أن الظلال الساقطة على جدار ترسم في بعدين اثنين مسقطاً للحقائق الثلاثية الأبعاد فكذلك تكون ظواهر المتصل الفضازمني مساقط رباعية الأبعاد لحقائق تشغل أكثر من أربعة أبعاد . وعلى ذلك تكون الحوادث في الزمن والفضاء «لا تعدو صفاً متحركاً لأشكال ظلال سحرية تجيء وتذهب أو تظهر ثم تغيب[1]»

رب معترض يقول بأننا أعرنا الميكانيكا الموجية اهتماماً أكثر من اللازم على الرغم من أنها صورة رياضية لا أكثر ولا أقل ، في حين قد تقوم مقامها صور رياضية أخرى لا عداد لها لا تقل عنها صلاحية وتؤدي إلى نتائج أخرى مخالفة كل المخالفة . وحقيقة ليست صور الميكانيكا الموجية فذة في بابها ، فهناك نظم أخرى دفع بها إلى الميدان هيسنبرج ودراك ، ولكنها تتحدث عن الشيء عينه وإنما بكلمات أخرى أكثر تعقيداً . فما من نظام آخر ابتدع يمكن أن يفسر الأمور بمثل هذه البساطة أو يبدو منطبقاً على الطبيعة متلائماً معها كميكانيكا دي بروجلي وشرودنجر الموجية . وتشهد صور الحيود الفوتوغرافية المختلفة بأن هناك موجات ذات طول موجي معين هي بطريقة ما ، أساسية في منهاج الطبيعة وأسلوبها . وهذه الموجات هي المدرك الكلي الأساسي في الميكانيكا الموجية ، أما في النظم الأخرى فتبدو فقط كأنها منتجات ثانوية صعبة الفهم والتقصي . وتبدي الميكانيكا الموجية أيضاً قدرة تنفذ بها إلى أسرار الطبيعة متعمقة إلى أبعد مما يستطيعه أي نظام آخر حتى لقد تقهقرت في هذا الصدد النظم الأخرى وارتدت الى الوراء

فاذا كان لنا بعد هذا أن نلصق بصورة واحدة ونستمسك بها فلدينا إذن ما يبرر اختيارنا الصورة التي رسمتها الميكانيكا الموجية ، وإن كان كل من نظام هيسنبرج ودراك يصل بنا في الواقع إلى ما يكاد يكون النتيجة عينها . على أن الأمر الجوهري هو أن جميع الصور التي رسمها العلم

(١) يرى الاستاذ محمد احمد الغمراوي مدرس الكيمياء بمدرسة الطب ، وكان لحسن الحظ قد اطلع على مسودات هذا الكتاب أن « هذا وماقبله اعتراف بأن الظواهر الكونية ناشئة عن شيء لسنا فقط نجهله ولكن لن نستطيع أبداً أن نعلمه وان نفقهه . ويظهر ان العلم مقبل على عهد سيضطر فيه الى الاعتراف بارادة من وراء هذا الكون تفعل فيه ماتشاء ، وعندئذ يصبح من مبادىء العلم الاعتراف بالله سبحانه » والواقع ان العلماء الطبيين والروحيين قد اعترفوا بذلك حيث ثبت لديهم علمياً ان هذا الكون لايمكن ان يكون وليد المصادفة العارضة ، وانه لا بد ان يكون من خالق مدبر حكيم هو الروح الاعظم او العقل الاعظم ، هو الله جل شأنه

الآن للطبيعة ، والتي تبدو وحدها متفقة والحقائق المشاهدة ، إنما هي صور رياضية بحتة . ويتفق معظم العلميين على أنها صور لا أكثر ولا أقل — هي أخيلة إن شئت وكنت تقصد بالخيال أن العلم لم يلمس بعد الحقيقة القصوى . ويرى كثيرون ، من وجهة نظر فلسفية واسعة ، أن أظهر كشوف الفيزيقا في القرن العشرين ليست نظرية النسبية بادماجها الفضاء والزمن معاً ، ولا نظرية الـكم بما تبديه في الوقت الحاضر من إنكار قوانين النسبية أي نواميس العلة والمعلول ، ولا تجزئة الذرة وما استتبعته هذه التجزئة من أن الأشياء ليست كما تبدو — نعم ليست هذه أظهر كشوف الفيزيقا الحديثة ، وإنما أظهرها في الحقيقة هو إنتهاؤها بنا إلى أننا لم نلمس بعد الحقيقة القصوى . وكم كان أفلاطون حكيماً في تشبيهه الموقف حيث قال بأننا لا نزال محبوسين في كهف وظهورنا مولاةٌ شطر الضوء ، فكل ما نستطيعه هو أن نرقب الظلال والأشباح على الجدار . وواجب العلم في الوقت الحاضر ينحصر في دراسة هذه الظلال والأشباح وتقسيمها إلى مراتب ثم تفسيرها بأبسط الطرق الممكنة . وكل ما نحن واجدوه في سبيل المعلومات الجديدة المدهشة هو أن أوضح طريق طبيعي وأكمله لتفسيرها هو الطريق الرياضي ، أي شرحها بدلالة المدركات الـكلية الرياضية . إذ الواقع « أن كتاب الطبيعة الضخم قد كتب بلغة رياضية » ولا يمكن لغير الرياضي في الحقيقة أن يستطيع لأن يفهم تمام الفهم فروع العلم التي تحاول أن تفسر طبيعة الـكون الأساسية — وتلك الفروع هي نظرية النسبية ونظرية الـكم والميكانيكا الموجية

وأرى أن أختم الحديث عن « حاضر الفيزيقا الحديثة » بما ختم به العلامة الالماني الدكتور آرثر هاس Dr. A. Hass كتابه النفيس المسمى «الفيزيقا الجديدة The New Physics » فقد قال : —

« تكشف لنا الفيزيقا الحديثة من ثمَّ عن صورة للطبيعة غاية في البساطة . والواقع أن الطبيعة ليست معقدة ، ولـكن الطريق المؤدي إلى معرفتها تمام المعرفة هو المعقد وحده . وهذا الطريق معقد لأنه ابتدأ من حدود الحواس الآدمية الضيقة ، وقد نجحت الفيزيقا النظرية تدريجيـاً في تحرير هذا الطريق من وجهة النظر الآدمية هذه »

القسم الثانى

مستقبل الفيزيقا

وفيه ستة فصول

من الخامس عشر الى العشرين

الفصل الخامس عشر

العلوم تتلاقى

ليست الحدود التي تفصل ما بين الفيزيقا والبيولوجيا والسيكولوجيا الآن فواصل وقتيــة ستختفي يوماً ما كما اختفى الحد الفــاصل ما بين الــكيمياء والفيزيقا

« هربرت دنجل »

من الأمور التي تخلب العقل وتبعث على الدهشة في تاريخ التفكير العلمي خطور فكرة واحدة بعقول متفرقة في وقت واحد . والغريب أن هذا التوارد في الخواطر تمدد حدوثه في غير ظرف واحد . مثال ذلك : أن هندسة إقليدس ظلت سائدة مدة ألفي سنة لا ينازعها منازع ، وقد حدث أن خطر في وقت واحد بخلد كل من جاوس Gauss ولوبتشفسكي Lobatschewsky وبولياي Bolyai ، كلٌّ على حدة ، نوع جديد من هندسة أخرى غير هندسة إقليدس . وكان أن كتب لبولياي أبوه يستحثه على نشر نتائج بحوثه ، وهو يجهل أن جاوس قد وصل إلى نفس الــكشوف التي وصل إليها ولده ، يقول :—

« الحق يابنيّ ان الباحثين وهم في عدة أمكنة متفرقة قد يعثرون في آن واحد على كثير من خفايا العلوم وأسرارها . فكأنما هذه الخفايا زهور كزهور البنفسج مثلاً تفتحت زمن الربيع في كل مكان . فأسرع ما استطعت بنشر ما وصلت إليه من الــكشوف »

ومن أمثلة توارد الخواطر هذه ما ذكره دارون Darwin في مقدمة كتابه « أصل الأنواع » من أنه في غضون ١٧٩٤—١٧٩٥ خطرت في آن واحد فكرة تطور الأنواع ، لا سببها ، لــكل من جيته Goethe في ألمانيا ، وسان هيلير St. Hilaire في فرنسا ، ولجد دارون نفسه الدكتور دارون في إنجلترا . والأعجب من ذلك ما يرويه دارون نفسه من أن ولاس A. R. Wallace قدم إليه سنة ١٨٥٨ مقالا يتضمن خلاصة وافية لنظرية دارون نفسه الخاصة بالانتخاب الطبيعي باعتباره أهم أسباب تطور الأنواع مع أن دارون لم يكن نشرها بعد.

وحدث مثل ذلك في السنين الأخيرة ، فقد ارتأى كثيرون من الباحثين في العلوم ، كل على حدة ، رأياً لو أنه اكتمل لأحدث تغيراً عظيماً في التفكير العلمي . ذلك أن كثيرين من

العلميين رأوا منذ سنة ١٩٢٧ خلال درسهم لمسألتي ابتعاث الضوء وامتصاصه أن الفيزيقا قد اقتربت من مسألة الحياة [1] . وقد اقترح غير هؤلاء أنه لكي تصلح الفيزيقا من أمر مسائلها الذرية يجب أن تعتمد على شواهد بيولوجية . أما ما هي هذه الشواهد فأمر لم يكن عرف بعد . وسنعرض فيما يلي من صفحات هذا الكتاب إلى منهاج تقدم خاص تسير الفيزيقا على مقتضاه خطوات أخرى إلى الأمام ، وسنحاول تفسير تلك الومضات المنعزلة التي استنارت بها عقول العلماء — كل بمفرده — بأنها دلائل وبينات على وجود وجهة نظر جديدة في الحالة الحاضرة للعلوم

والواقع أننا الآن في نهاية ليل عهد كاد يتقوض ، وسيتنفس صبحه عن عهد جديد . إن الفيزيقا والبيولوجيا والسيكولوجيا قد تلاقت كلها ، وانتهى بها الأمر إلى تركيب علمي فذ في أهميته ، سيكون له أثر عميق في الفكر وفي الاجتماع بحيث يخط لنفسه مرحلة في التطور الآدمي . فلقد مضت على العلم سنون ركز جهوده خلالها في دراسة المادة غير الحية ، أما اليوم فقد التقت في النهاية العلوم الثلاثة الكبرى عند مسألة الحياة . وذلك لأن بحوث هذه العلوم في المادة والحياة والعقل قد تمخضت عن مولود جديد مشترك هو طبيعة العمليات الكهربائية الأساسية التي ينبني عليها الاشعاع والاتحاد الكيمياوي

فالفيزيقا في الوقت الحاضر مشغولة بالتغيرات التي تحدث عند ما تنفث ذرة ضوء أو كهربائية [2] والبيولوجيا مشغولة أيضاً بالمسألة عينها إذ هي تدرس الآن العمليات الكهربائية التي هي أساس التغيرات العضوية كلها ، سواء كانت في صيغها البروتوبلازمية الأولى أو في المجموع العصبي عند الانسان . وتبحث السيكولوجيا في الوقت عينه في نفس المسألة ، إذ هي الآن تحلل بناء العقل وتدرس تغيرات الشعور التي تحدث عندما يسقط ضوء ذو لون خاص معروف على شبكية العين ثم يبعث بتأثيره إلى المخ

ونتيجة هذه البحوث المتلاقية ستكون الحياة ، وكذلك سيكون الشعور (الوعي) ، في القريب العاجل عرضة لأولى مراحل رقابة نظرية ، إذا قورنت بها الجهود التجريبية في الطب والسيكولوجيا بدت أشبه شيء بعمل المشتغلين قديماً بالكيمياء قبل وضع أساس الكيمياء الحديثة . ولكن هذا التوسع في معلومات الانسان وفي قواه يحمل في طياته مسئوليات جسيمة كبرى ، يحتم على العلميين أن يعدوا أنفسهم لتحمل الأعباء الجديدة التي ستثقل كواهلهم قريباً . وبايضاح الآراء الرئيسية التي منها ينهض هذا التركيب العلمي الواسع المدى نرمي هنا إلى إظهار وجوب المضي في هذا السبيل جديًا . وسنلخص باختصار بادىء ذي بدء نهاية ما وصلت إليه الفيزيقا

(١) نرى ذلك في مؤلفات كل من هوايتهد وادنجتون وجينز ولودج . و ج . ا . طمسن

(٢) حدث في هذا الصدد ان تحولت بعض العناصر الى عناصر أخرى كما يقول الدكتور أندريد

في الوقت الحاضر ، ثم بعدئذٍ نتجه لبحث ما قد يكون للكشوف الفيزيقية المقبلة من التأثير في البيولوجيا والسيكولوجيا

توجد عمليتان رئيسيتان تأبيان أن تفسرا تفسيراً مقنعاً في حدود الآراء الفيزيقية الحالية ، وهما : الحياة نفسها ثم ذرية الاشعاع والمركبات الثابتة . ففي العمليات العضوية من جهة، وتبادلات الطاقة الذرية من جهة أخرى يوجد ثمة شيء لا نكون أحسنا تصوره إذا نحن وصفناه بأنه تغير في البناء . والبناء هنا معناه الأنموذج الفضائي للجسيمات المفروض فيها أنها مستديمة وأنها تتحرك كما تتحرك الكرات أو الكواكب السيارة . فالمجموعات التي بناؤها من هذا النوع لا يمكن أن تظهر الغرض الوظيفي للتصرف العضوي . وحينما نحاول صنع نموذج تركيبي للذرة نجده يفشل في أن يفسر لنا لماذا تشع الذرة الطاقة على هيئة رزم منفصلة متقطعة تسمى « كماً » لا على هيئة موجة متواصلة . وقبل أن نخوض في مسألة الكائنات الحية سنذكر باختصار لماذا لا يمكن وصف الذرة بأنها مركبة من جسيمات . وسبق أن ذكرنا ذلك باسهاب في القسم الأول من الكتاب

ففي سنة ١٩١١ نجح رذرفورد في الحصول على تعليل لنتائج بحوثه في التأثير الكيميائي للاشعة ، وذلك باختياره نموذجاً للذرة هو أشبه شيء بمجموعة شمسية مصغرة سياراتها الالكترونات الدائرة بسرعة حول النواة . ولكي يفسر بوهر ، بناء على هذا التصوير ، لماذا يبدي طيف الضوء المنبعث من الذرة سلسلة خطوط خاصة ممتازة نراه يقول بأن الالكترون داخل الذرة لا يستطيع أن يشع ضوءاً إلاّ بقفزه قفزاً غير متواصل من فلك إلى آخر . فعدم التواصل الظاهري هذا خدع الفيزيقيين وضللهم أكثر من عشر سنين . وإليك التفسيرات التي ذهب اليها العلماء حديثاً لتعليل ذلك التصرف المحير :—

أولا — إن الطبيعة تتألف من إلكترونات وإن كلاً من الفضاء والزمن متواصل، وإن الالكترون يلوح كأنما له بعض حرية الاختيار وكأنما له قدرة على الظهور من جديد على غير انتظار في أماكن محظورة

ثانياً — إن الطبيعة متواصلة مقيدة ، ومع ذلك فهناك ما يحول بيننا وبين تقرير كل ما نريد معرفته بخصوص الالكترون . فمثلاً إذا حاولنا تعيين مكانه بالضبط نراه يسلك مسلكاً لا يمكننا في نفس الوقت من قياس سرعته الحقيقية . (هيسنبرج) . وهذا قد يفسر بأن نموذج الذرة الذي اخترناه أكثر تعقيداً من الذرة نفسها ، وأننا تبعاً لذلك قد استعملنا مقادير زيادة عن اللازم لوصف كل ما نستطيع ملاحظته عن مسلكه

ثالثاً — إن الطبيعة ليست متألفة من إلكترونات بل من موجات . فالذرة يتحتم اعتبارها

مجموعة موجات كهربائية تنتشر حول حجمها كله . وما الالكترونات إلاّ طريقة غير محكمة لوصف بعض خواص هذه الموجات . ومع ذلك فالتصوير الموجي للذرة يجب أن يعتبر أيضاً وسيلة مؤقتة يصح استخدامها إلى أن نصل إلى وصف آخر للذرة أحسن من هذا تبدو فيه الخواص الموجية والدقائقية للذرات كأنها أوجه لخاصية فيزيقية أكثر عمقاً واستعصاء . (شرودنجر) .

وظاهر أن الرأي الأول ماهو إلاّ اقتراب خطوة أخرى من الحقيقة القصوى . أما الرأيان الآخران فيمكن ضمهما معاً هكذا :—

رابعاً — إن الرأي القائل بأن الذرة بناء من جسيمات نيوتونية خطأ لأنه يؤدي إلى نشوء انفصالات وانقطاعات ، ولأنه يمدنا بمقادير تزيد عما نحتاج إليه في الوقت الحاضر . ومن ثمّ تحتّم إيجاد تفسير جديد واضح للعمليات الذرية مع استعمال مقادير أقل نفسر بها سبب وجود الخواص الموجية ، وبها نشرح لماذا يسلك الالكترون في بعض الأحيان مسلك الكرة الصغيرة مع أنه في الواقع ونفس الأمر يختلف عنها كل الاختلاف

والآن فما دامت رياضة نيوتن الخاصة بالجسيمات المتحركة لا تصلح لتفسير التغيرات التي تحدث للذرة — كما أنها لا تصلح أيضاً لتفسير العمليات العضوية — فلا بدّ إذن من وجود فرض مضمر في قوانين نيوتن التي لا تصلح لكل من الذرة والكائن الحي . وهذا الفرض من السهل جدًّا العثور عليه وإن تكن الفيزيقا لم تكترث له كثيراً . وهو أن العمليات الأولية في الطبيعة « قابلة للانقلاب » [1] أو هي تكون كذلك لو أمكن عزلها . ومعنى قابلية الانقلاب هنا هو أن القوانين التي تخضع لها العمليــة تظل كما هي دون أدنى تغيير لو أن اتجاه الزمن قد انعكس أو انقلب ، أي حينما يستعاض عن المقدار الزمني + ع بالمقدار السالب — ع . أما إذا تغير القانون بهذا التعويض فلا تحدث أبداً العملية المعكوسة أو المقلوبة ، أو حدثت بدلاً عنها عملية أخرى مخالفة تماماً لها ، فالعملية عندئذٍ تسمى « غير قابلة للانقلاب » وعلى ذلك فيمكن للعملية غير القابلة للانقلاب أن تستخدم في إيجاد صورة مادية للماضي والمستقبل ، وذلك إذا ما وصلنا يوماً إلى تعريف الماضي والمستقبل .

فاذا وقفتُ مثلاً خلف سياج وأخذتُ على شريط سينماتوغرافي صورة لحجر ارتفع فجأة في الهواء ثم اختفى عن الأبصار ، فانني لا أستطيع من فحص الشريط أن أعرف الاتجاه الصحيح لطيه . فاذا طويته في اتجاه ما فقد يبدو الحجر عند عرض الشريط صاعداً ، وإذا طويته في الاتجاه المضاد بدا الحجر عند عرض الشريط ساقطاً من السماء . فلكي أعرف الاتجاه الصحيح

(١) « قابل للانقلاب » هو التعبير الذي اخترناه مقابلا للكلمة الانجليزية reversible

لا بدّ لي من استخدام حاستي الذهنية التي أدرك بها اتجاه الزمن ، أي أذكر أني رأيت الحجر منخفضاً في الهواء قبل أن أراه مرتفعاً فيه . فهذه الحالة قابلة للانقلاب ككل عملية تجاذبية تثاقلية ، وأمثال هذه الحركات هي التي كانت أساس المدركات الكلية في الفيزيقا الحديثة

ولكن هب أني بدل ذلك قد أخذت شريطاً لقدح من الشاي وهو يبرد . فأحد طرفي الشريط يرينا البخار فوق القدح ويرينا الملعقة يتغير طولها بتغير درجة الحرارة . وبالمضي في عرض الشريط يقل وضوح هذه الآثار فلا تبدي الصور الفوتوغرافية المتعاقبة أي تغير على الاطلاق عندما تبلغ درجة حرارة الشاي درجة حرارة الهواء المحيط بالقدح . وهنا يظهر لنا بوضوح الاتجاه الذي يجب طي الشريط فيه دون الرجوع إلى استخدام أي مقياس ذهني تقدمه الذاكرة عن العملية الفردية التي ارتسمت فوق الشريط . فهذه عملية غير قابلة للانقلاب ، ولكن الفيزيقا إلى هنا قد افترضت أن أمثال هذه العمليات جميعها ليست إلاّ نتيجة إحصائية لخواص من حركات جزيئية ، كل حركة منها قابلة للانقلاب كل القبول . ويرى بعض الفيزيقيين أن افتراض قابلية الانقلاب ضروري وجوهري بحيث أنه لا يمكن أن يوجد علم بدونه . ولكن هذا رأي مغرض محض من أن نيوتن ارتأى طريقاً خاصاً في وضعه قوانين رياضية لما يمكن قياسه من العمليات الفيزيقية . وهو باشارته إلى أن جميع القوانين الطبيعية قد تتخذ صيغة مشابهة لقانونه في الجاذبية قد فرض ضمناً أن جميع العمليات الأولية قابلة للانقلاب . والحركات التثاقلية تتفق وهذا أيضاً في حدود صلاحية قانون نيوتن . ولما كان هذا القانون قد اتخذ نموذجاً لجميع الادراكات الكلية في الفيزيقا الحديثة فان هذه الادراكات الكلية لا تكون صحيحة الا في العمليات القابلة للانقلاب فقط

أما عدم قابلية الانقلاب الظاهرية كتبريد قدح الشاي مثلاً ، فتنسب إلى تأثيرات إحصائية . ويكون القانون الثاني في الديناميكا الحرارية ، وهو القانون الذي يجزم بأن درجات الحرارة تميل إلى الانتظام والتساوي ، مجرد وصف لأمر كثير الاحتمال . ولبيان فكرة التأثيرات الاحصائية نقول إنه في المجموعات البطيئة التغير تفرز الأفراد عادة وتضاهى تغيراتها بعضها ببعض ، ثم يستنبط من ذلك قانون عام . فاذا اعتبرت المجموعة كلها متآلفة من وحدات معزولة ثابتة فالمجال يتسع إذن لأمثال هذه الطرق الاحصائية في استنباط القوانين . ولكن هذه الطرق لا يمكن أن يرجى لها نجاح إلاّ في المجالات المحدودة التي لا تنتهي التغيرات فيها بأي حال إلى كارثة . وتكون الاستنتاجات في الواقع منسوبة إلى المجموعة مجتمعة ، ولا يمكن تطبيقها على أحد أفراد هذه المجموعة إلاّ بطريق غير مباشر . ويعرف جينز « الذرة الاحصائية » بأنها « الذرة التي خواصها وصفاتها متوسط خواص وصفات جميع الذرات الحقيقية الخاصة بانبعاث الضوء »

قد يكون هذا أمراً مقطوعاً بصحته ، ولكن الفيزيقا تختار عادة،حتى في العملية غير القابلة للانقلاب التي خلت من كل تأثير إحصائي ، مقياساً ما ولا تفترض أن عملية أولية أساسية — كائنة ما كانت — غير قابلة للانقلاب [1] . ولا يمكن أن ندهش لهذا لأنه ما دامت الفيزيقا قد سلمت مرة بأن أية عملية أولية غير قابلة للانقلاب فالواجب أن يعدل عن آراء نيوتن كلها . إن المادة والقوة والطاقة والفعل والخواص الموجبة — كل هذه غير صالحة لمعالجة التأثيرات غير القابلة للانقلاب . لأنها كلها تعتمد في النهاية على قانون نيوتن القابل للانقلاب . ومن ثمَّ تحتم إيجاد مجموعة آراء أخرى لكي تحل محل آراء نيوتن القديمة . وهذه المجموعة تتوطد إذا هي نادت بعدم قابلية انقلاب القوانين الطبيعية كلها . وعندئذٍ نصل إلى حلٍّ وافٍ للعقد الفلسفية والعلمية الحاضرة . وتكون النتيجة هكذا :—

هل توجد في الطبيعة عملية حقيقية موقوتة ؟ هل مرور الزمن غير القابل للانقلاب عنصر ضروري في أي صورة من صور بناء الطبيعة ؟ أو بعبارة أخرى هل الاختبار الذهني للزمن مجرد تصور عقلي كاذب لا يمكن تفسيره تفسيراً مادياً ؟ هذه ليست أسئلة ميتافيزيقية يصح أن يتركها العلم دون مهاجمة . وما دام أن أينشتين قد خطا خطوته بتحليله إدراكات كلية كالمعية الزمنية التي حسبوها فيما مضى مدركة ملاحظة في الأغراض العلمية العملية ، فالخطوة التالية في الفيزيقا يحتمل أن تكون في مواصلة البحث في تحليل الزمن ابتداء من النقطة التي عندها وقف أينشتين . وعدا هذا فتلك الأسئلة يمكن أن توضع في صيغة علمية صريحة وذلك بالتساؤل عما إذا كانت العلاقات السببية — علاقات العلة والمعلول — التي درسها العلم وخبرها متماثلة وقابلة للانقلاب بحيث لا نستطيع الحصول منها على مقياس أو قانون يفرق ما بين الماضي والمستقبل . فاذا كانت هذه العلاقات من الجهة الأخرى غير متماثلة وغير قابلة للانقلاب فان قوانين الطبيعة تسير بنا بالضرورة مما مضى قبلاً إلى ما سيجيء بعد ، أي من السابق إلى اللاحق

---

(١) مثال ذلك حركة الالكترون في مجال تضبب مغناطيسي . فهذه الحركة غير القابلة للانقلاب تصير في الظاهر قابلة له بافتراض ان المجال المغناطيسي يرجع في الاصل الى وجود الكترونات متحركة . ومع ذلك فهذا الافتراض خيالي جداً لانه يشير الى حركات الكترونية لم يشاهدها أحد . وهناك حالات أخرى تنمحي فيها قابلية عدم الانقلاب عن طريق اختيار مجموعات احداثية خاصة . ويرى بعض الفيزيقيين في الوقت الحاضر أن قابلية عدم الانقلاب قد تكون من لوازم العمليات الذرية كما هي من لوازم العمليات العضوية

الفصل السادس عشر

مبارزة حديثة

اينشتين وادنجتون في جانب وبرجسون وهوايتهد في جانب آخر

ان أشيق ما أراه عند الموازنة بين ادنجتون وهوايتهد وهو ما أرجو ان يراه غيري أيضاً أنه على الرغم من اختلاف هذين العالمين البارعين في التفصيلات فانهما ينتهيان الى نتيجة واحدة.

« أوليفر لودج »

في هذه المعركة القائمة حول أهمية الزمن والعملية [1] نرى اسماء ضخمة تمثل أصحابها وجهتي النظر المختلفتين . فالمعركة ناشبة بين أينشتين ورئيس أركان حربه إدنجتون من جانب ، وبين برجسون Bergson ورئيس أركان حربه هوايتهد Whitehead من جانب آخر. ولكل من الزعيمين طريق يخالف طريق الآخر كل المخالفة . فأينشتين باعتباره فيزيقيًّا رياضيًّا يرى أن القوانين الفيزيقية يمكن تفسيرها خير تفسير إذا نحن فرضنا أن الفضاء والزمن من التشابه والتجانس بحيث لا يمكن للفيزيقا أن تجد بينهما أي خلاف جدي . ولذا فان تماثل الفضاء في نظرية النسبية يتضمن تماثل الزمن ، فقابلية انقلاب القوانين الفيزيقية من ثمَّ . وينكر برجسون باعتباره بيولوجيًّا وفيلسوفاً ، أن فكرة الزمن الضمنية في حسابات النسبية تكون صالحة إذا أدخلنا في حسابنا سلسلة تجريبية واسعة المدى . واقتصر أينشتين في حسابه على قليل جدًّا من التجارب الفيزيقية ، فسهل عليه من ثمَّ أن يستخلص نتائج ناجحة عن الضوء والجاذبية لأنهُ اعتبر عدم قابلية انقلاب سير الزمن شيئاً عديم الأهمية في الأقيسة العامية . أما برجسون فقد انتهى من بحثهِ في كثير من التجارب البيولوجية والذهنية إلى تقرير وجود عملية إنشائية خالقة على الرغم من أن حدود العقل والعلم لا يمكن أن تصل إلى جوهر هذه العملية . وقد ترك كل من المتناضلين جناحه مكشوفاً لأنهُ أهمل عرض رأيه عرضاً منطقيًّا موطداً . فأما أينشتين فلأنهُ اكتفى فقط بالمعادلات الرياضية التي يمكن خبرها بالتجربة ، وأما برجسون فلأن غرضه الرئيسي لم يكن عقليًّا . وهنا تقدم كبيرا مؤيديهما يدليان بدلوهما لزيادة إيضاح وجهتي النظر ، فأذكيا المعركة من ثمَّ وأججاها تأجيجاً

---

(١) هي المقابل لكلمة Process ويقصد بها ما يتم من ظواهر فيزيقية او كيميائية او بيولوجية

فأما إدنجتون فقدم أساساً منطقياً لنظرية النسبية ، وأبان أن لب القوانين الفيزيقية ليس هو ذلك الذي اعتدنا تخيله . ويصف هذه القوانين بأنها متطابقات استكشفها العقل خلال بحثه وتقصيه في جميع مظاهر العالم المتغيرة عن شيء مستديم سماه «مادة» . ولقد اعتبرنا المادة شيئاً حقيقياً بادعائنا أن البقاء أو عدم الفناء أساس الحقيقة الفيزيقية . وما كدنا نصنع ذلك حتى وجدنا أنه ليس ثمة ما يجهدنا لكي نصل إلى أن المادة المطلقة غير المتغيرة لا وجود لها ، ما دام هذا لا يعني إلا أننا ابتدأنا بقضية أو دعوى لا تستطيع الطبيعة تقديمها وتحقيقها . ومما يؤسف له أن إدنجتون لم يناقش أو يبين أية دعوى أخرى تصلح أن تتخذها أساساً لتكوين مجموعة من الآراء العلمية تكون أكثر ملاءمة . ولكنه على الرغم من تحمسه لنظرية أينشتين وما افترضه ضمناً من قابلية الانقلاب نراه يتردد في دفاعه عن القوانين القابلة للانقلاب لأنه قد ظهرت أمور تشير إلى أن هذا الافتراض الضمني الذي لم يناقش قد يكون غير صحيح (١)

وأما هوايتهد فقد كان في الوقت عينه يعمل في ناحية أخرى ، ومضى يشحذ منطقه حتى لم يفهمه إلا قليلون ، جاعلاً فكرة العملية الموقوتة أساساً للتفكير العقلي والعلمي مع كثرة ما قدمته العملية للعقل حتى الآن من شتى المسائل العويصة المستعصية . ومن رأيه أنه ما دام الادراك الكلي للمادة قد وجد غير كاف ولا مقنع فالواجب عند وضع نظرية فيزيقية جديدة أن نبتديء من الفكرة الأساسية العملية . ونتيجة لخطة التفكير هذه التي اختطها هوايتهد نراه اضطر إلى نبذ بعض حجج أينشتين وآرائه ، وإلى إثبات أن قانون أينشتين يمكن الوصول اليه من فروض وعروض أخرى مخالفة كل المخالفة لفروض أينشتين وعروضه. مثال ذلك أن هوايتهد افترض أن حركة الضوء غير قابلة للانقلاب ، وأن الضوء لا يسير بسرعة واحدة في اتجاهين متضادين. وفي هذا بيان لأحد وجوه الخلاف . ولكن النتيجة يجب ألا يقطع فيها برأي إلا بعد الاحتكام إلى البينات التجريبية المطبقة على أوسع مجالات الظواهر ولا تزال الفيزيقا تقول بقابلية الانقلاب ، يؤيدها ذلك البيان الجلي الواضح الذي أدلى به أينشتين سنة ١٩٢٥ ولكنها بتمسكها بهذا ترفض بادئ ذي بدء أن تشير أية إشارة إلى العمليات العضوية . على أن الادراكات الكلية التي تبنى على هذا الفرض لا يمكن أبداً أن تطبق تطبيقاً صحيحاً على الحياة وقد فشلت

(١) من العمليات التي أبدت ما يشير الى عدم قابليتها للانقلاب تلك المتضمنة تغيرات حرارية أو اشعاعاً ضوئياً أو كتلة . وتلك الخاصة باحداث طاقة النجوم وحركة الالكترونات في المجالات المغناطيسية ، وتصادم الايونات في الغازات المختلفة ، وفاعلية الاشعاع ، والنمو والتطور العضويين ، والشعور نفسه . وقد اقتصر ادنجتون على بحث حالتي انبعاث الضوء وامتصاصه ، ونراه يشير الى أن اتجاه الزمن يمكن استنتاجه فقط من العمليات الاحصائية . وذلك هو الرأي السائد الآن وان يكن يشك كثيراً فيما اذا كان صحيحاً الآن أن عمليات الكم تخضع لقانون

بالضرورة جميع الجهود التي بذلت حتى الآن لتفسير العمليات الرئيسية الخاصة عند الكائنات الحية في حدود الفيزيقا الكلاسيكية . وقد عرفنا الآن أن هذا الاخفاق كان مستطاعاً إدراكه والتنبؤ به .

ولا يمكن توجيه هذا الاعتراض إلى آراء برجسون وهوايتهد الرئيسية ، ولا إلى الفيزيقا الذرية الجديدة على مقتضى تفسير بورن Born وشرودنجر وغيرهما كما سنرى . فبرجسون وهوايتهد وكثيرون غيرهما ومنهم لويد مورجان Lloyd Morgan يقولون بأن عمل الطبيعة إنشائي إبداعي ، أي يتضمن خلق الجديد من الأشياء وظهور اتحادات جديدة كانت من قبل مستحيلة . وربما دلّ هذا على أن القوانين الفيزيقية التي تصف ما يحدث فعلاً في العالم يجب أن تكون من النوع غير القابل للانقلاب . وذلك لأن المعادلات القابلة للانقلاب لا يمكنها قط أن تميز بين اليوم والغد ، ولأنها لا تستطيع أن تفسر مكنة ظهور صيغ جديدة فيما بعد سواء كان في تطور الكائنات الحية أو في تطور النجوم . ومن جهة أخرى يمكن أن ترتب القوانين غير القابلة للانقلاب بحيث تظهر الزمن عاملاً فعالاً في التعليل ، أي تؤكد وجوب مضي فترة زمنية ما قبل الحصول على اتحاد جديد (١)

ويستطيع المؤيدون لفكرة وجود عملية حقيقية في الطبيعة أن يستشهدوا بالحياة العضوية وبالذاكرة وبالتطور البيولوجي والنجمي . ولكن قضيتهم تظل مع هذا ضعيفة لأن قابلية عدم الانقلاب الرئيسية لم تجد لها بعد قوانين رياضية صريحة تلائم الاختبار التجريبي . فاذا ما تمّ لها ذلك فالمعركة العقلية تنتهي إلى قرار ، وإذا كانت الغلبة ستكون لعدم قابلية الانقلاب فان البيولوجيا والسيكولوجيا ستحصلان على أساس فيزيقي يلائم بحوثهما خير ملاءمة

وهنالك ما يدعو إلى الاعتقاد بأن هذا القرار قريب الظهور فلقد رأينا أن قابلية الانقلاب مفترضة ضمناً في جميع الآراء النيوتونية . ولذا فقد يكون سبب عجزنا عن تفسير المسلك الذري بأنهُ حركات جسيمية ، أن العمليات الكهربائية والاشعاعية غير قابلة للانقلاب في الأصل . فالحركة الجسيمية والانتشار الموجي — وهما الرأيان اللذان انبنت عليهما جميع النظريات الحديثة الخاصة بالمادة كما مرّ بنا في القسم الاول من الكتاب — يمكن أن يمثلا كلاهما بعبارات رياضية قابلة في جوهرها للانقلاب مادام الزمن لا يدخل فيها إلاّ خلال مربع ف ؟ ، أي أن مقاديره تربيعية .

---

(١) لا بد عند التدليل رياضياً على ان الزمن قد يكون عاملا فعالا في التعليل من ظهور المقدار الزمني واضحاً في مدلول القانون ، ولا يصح الاكتفاء فقط بوجود مربع التفاضل الزمني فالقانون الذي يتضمن في صيغته الرياضية الزمن مقيساً ابتداء من لحظة ما في تاريخ المجموعة المقيسة يعطينا معنى جديداً المقدار يتناسب مع خواص المقدار ف ؟ النيوتوني التفاضلي القابل للانقلاب . وقد يفسر مثل هذا القانون مسألة المدة التاريخية غير القابلة للانقلاب بأنها وجه في الطبيعة قد اهملته القوانين المتضمنة فقط على مربع ف ؟

أما إذا ظهر أن عمليات الكم غير قابلة للانقلاب فاننا نكون قد عثرنا عندئذ على سبب عدم صلاحية الآراء القديمة الخاصة بالجسيمات والموجات

قد يكون هذا الظن صحيحاً في الواقع مادام بورن ، وهو من أساطين العلماء الخبيرين بديناميكا الكم ، يؤكد أن عمليات الكم جميعها غير قابلة للانقلاب ، وأن قابلية الانقلاب التي تبدو في العمليات الكلاسيكية ما هي إلا تقريب نتج من أن عدم قابليتها للانقلاب قد أمكن إهماله . وعلى ذلك فكل ما يرجوه العلم أن يتمكن الفيزيقيون القديرون سريعاً من صوغ قوانين الكم بوضوح في صيغة غير قابلة للانقلاب تسلم بالاختبار التجريبي المضبوط

ولكن هذا قد يستغرق بضع سنين ، فعلينا إذن في الوقت عينه أن نتلفت حولنا لنرى كيف تؤثر هذه النتيجة في الآراء السارية . فنجد العلامة سوليفان Sullivan قد ساوره شك بخصوص تلك العملية مع أنهُ لم يقرر بعد الناحية التي سيمنحها العلم النصر ، فقال في مقال لهُ عن « طغيان العلم » ما يأتي : « إخال حقيقياً أن الحوادث لاتجري في الواقع وانما نحن نعبرها » وهو يرى أن العملية « قد تكون رأياً واهناً كل الوهن إذا ما طبقت على الحقيقة والواقع » ولكنا سندهش بعد إذ نعلم « أن العالم من باب أولى يجب (على مقتضى النظرية العلمية) أن يعتبر عملية تطورية تكشفت لنا عن نماذج قيمة » . ومع هذا فلا يصح أن يزعجنا ذلك التناقض ما دمنا قد عرفنا أن « تعاليم العلم في ضوء المسائل الروحية ليست إلاَّ تعاليم واهية واهنة »

فهذه الآراء تبين لنا أن الزمن مستراب تتخالجه الشكوك ، ومن ثمَّ يصح اعتبارها سجلاً ثميناً لحالة العقل التي تقدمت التركيب العلمي . ولعلَّ أشيق ما في مقال سوليفان تردده بصدد أهمية العلم الروحية . وتلك إحدى بقايا الأزمنة الغابرة أيام كان يوجد عالمان ، عالم العلم وعالم الدين والفن . وما كان لأحد أن يعرف في أي هذين العالمين يعيش ، وما كان ذلك ليدعو إلى دهشة فالتقسيم إنما عمل لأن ظروف الحال في وقت ما كانت تظهر لنا الأسلوب العلمي كأنهُ لايتناول إلاَّ الكم ، فلم يكن لدى العلم من ثمَّ مايقولهُ عن الأهمية والكيف . على أن هذا الرأي لم يتشبث به طويلاً ، ولم يستمسك به اليوم أحد . فمثلاً التكامل العضوي صفة يقدرها معظمنا حق قدرها ، وبدونها هي ومثيلاتها الكثيرات لا يمكن أن تتقدم البيولوجيا ولا السيكولوجيا

ومن الضروري قبل المضي في الحديث إلى أبعد من ذلك أن نصحح خطأ شائعاً بخصوص أهمية نظرية النسبية لأينشتين . فالنظرية رياضية مبنية على سلسلة من العروض المسلَّم بها والتي أبدت لنا في النهاية نظرية قصوى عن الفضاء والزمن . ويؤكد أحد هذه العروض أن جميع معلوماتنا الفيزيقية يمكن أن تتحوَّل في النهاية إلى انطباقات فضائية زمنية لأزواج من حوادث نقطية point-events أو بعبارة أخرى إلى تقاطع الخطوط الدنيوية world-lines

للالكترونات . وأراني هنا أذكر مصطلحات لم أتعرض لها عند الكلام على النظرية في القسم الأول من الكتاب . ولكن مهما بلغ احترام العلميين لكبيرهم العبقري الفذ الذي تنبأ بنتيجتين تجريبيتين محا بهما أهم المتناقضات الباقية في آراء نيوتن ، فان هذا الاحترام لا يصح أن يصدهم عن أن يشيروا إلى أن هذا الفرض يفرض شيئاً لم يعرف قط أنه حدث فعلاً ، ولم يشر إليه أحد قط في عالم التجريب الفيزيقي . ولا يمكن أن يكسب تحقيق معادلات أينشتين الأخيرة هذا الفرض أي قسط من الصحة لأنه من الصعب جداً أن نجد تجربة فيزيقية سليمة لا تتضمن الادراك الحسي للضوء أو اللون ، ولأنه لا يمكن أن نفرض أن الادراك الحسي للضوء إدراك حسي للانطباقات . إن الضوء يختلف لوناً وشدة ولكن الانطباق في الفضاء أمر ذهني تجريدي جداً فلا يمكنه أن يعلل أمراً آخر عرضة للتغير . وعدا هذا فان التجارب الفيزيقية كلها تتطلب قدراً خاصاً من الزمن ، وهذا أمر مهمل إذا قصر الادراك الحسي على تبين الانطباقات الفجائية وتعرفها . وحتى إذا ترك هذان النقدان وشأنهما فلا يزال علينا أن نلاحظ أن عرض أينشتين ينتهي بنا إلى أن هناك عمليات كثيرة غير قابلة للانقلاب . مثال ذلك : مسألة تأثير الاشعاع كيميائياً . فالمشاهد أن العناصر الثقيلة تنحل وتتفكك إلى عناصر أخرى خفيفة ، ولم يشاهد العكس وهو تكون العناصر الثقيلة من الخفيفة [1] . فاذا ما قبلنا تعريف أينشتين للتجريب الفيزيقي وجب أن نترك مسألة تأثير الاشعاع هذه ومثيلاتها إلى علم آخر [2] غير الفيزيقا يتناولها بحثاً ودرساً

وكثيراً ما يحدث أن يبالغ في آراء أحد العباقرة فتكون المبالغة أساساً لعقيدة خبيثة ضارة . وهذا ما حدث فعلاً لنظرية النسبية . فازاء ما ثار حول النظرية من الاستحسان المبالغ فيه قام كل من هوايتهد ولارمور Larmor وبردجمان Bridgman وبعض كبار الفلكيين في أوربا وراحوا يناقشون الفكرة العامة التي شاعت عنها وهي القائلة بأن نظرية النسبية قد أدت مهمتها . ولكن المناصرين لهذه الفكرة وهم جماعة المؤيدين لنظرية النسبية المعتقدين في صدقها قد أهملوا هذه الانتقادات ولم نقرأ لهم بعد رداً يدرأ الشبهات . وكثيراً ما كان الاهمال سلاحاً ماضياً

---

(١) يقول الدكتور أندريد استاذ الفيزيقا في جامعة لندن في كتابه « الكيمياء الجديدة » انه عند تحطيم ذرات الالومنيوم قد اكتسبت هذه الذرات خاصية النشاط الاشعاعي ، ثم حدث ان تكون من ذرات الالومنيوم المحطمة هذه نظير للفسفور لم يكن من قبل معروفاً . وهذا النظير غير ثابت بل ينحل مطلقاً بروتوناً ويقول انه أمكن أيضاً استخلاص نظير اشعاعي للسلكون من المغنسيوم

(٢) لعل هذا العلم هو العلم الروحي الحديث الذي أنشئت له تلمذة ودراسة في جامعة كمبردج . وتجارب العلاج الروحي التي يتحدث عنها أساتذة الطب في جامعتي جلاسجو وأكسفورد قد يقر فيها بالاشعاعات الروحية المجهولة أجزاء من الجسم وتكونت أجزاء أخرى وكل ذلك في طرفة عين ، أي ان عامل الزمن قد انعدم بتاتاً وعدا هذا فقد قال احد البحاث الامريكيين ان اناث بعض الدبب في تجاربه قد استحالت ذكوراً بعد تعريضها الى الاشعة الكونية !!!

تشهره العقيدة في وجه الآراء الجديدة فتمنع تقدمها . على أن ذلك لا يمنعنا أن نقول إن مسلمات نظرية النسبية لم تكن موضع فحص دقيق قبل أن تتخذ أساساً لرأي فلسفي واسع . ولا يضمن التحقيق العملي التجريبي لقانون أينشتين في الجاذبية صحة مسلمات أينشتين ما دام قد وصل هوايتهد من فروض أخرى مغايرة إلى قانون مشابه لقانون أينشتين

إن عقل أينشتين المبدع العميق الغور يستوجب منا أعظم احترام وأبلغ تقدير، ولكن عمله يجب ألاَّ يعتبر نظرية عامة للفضاء والزمن فهو لم يهمل مسألة عدم قابلية الانقلاب فحسب بل يشك كثيراً في صلاحية نظريته للعمليات الدورية ، كما أشار إلى ذلك كل من رسل وبردجمان . ومن الجائز أن أينشتين نفسه يعتبر نظريته مرحلة ، لا أكثر ولا أقل ، في سبيل إيجاد بناء فيزيقي أوسع . ومن ثمَّ تحتم علينا ألاَّ نذهب بعيداً في تأويل رأيه القائل بأن إحدى دعاوى نظريته « قد أخذت من الفضاء والزمن آخر بقايا الادراك الحسي الفيزيقي » فان هذا لا يكون صحيحاً إلاَّ إذا قاسم الزمن الفيزيقي الفضاء في تماثله المطلق ، أي إذا كانت العمليات الفيزيقية كلها قابلة للانقلاب . ولكن هناك عمليات نستطيع أن نحصل منها على مثال لاتجاه الزمن تدركه الحواس ، ومن ثمَّ يحتفظ الزمن بعنصر الادراك الحسي الفيزيقي واضحاً متميزاً عن التماثل المطلق للفضاء

وسيكون من أهم الوجوه في مستقبل الفيزيقا الوصول إلى تفسير أن أينشتين قد وصل إلى قانون صحيح من مسلمات وفروض محدودة الصحة ، وفي هذا الصدد قد يكون استنتاج هوايتهد ذا أهمية

الفصل السابع عشر

الزمن في الفلك وفي الفيزيقا

ان الماضي والمستقبل نوعا زمن مخلوقان نكسبهما نحن خطأ ودون وعي منا جوهر الابدية. ونحن نقول «كان» و«يكون» و«سيكون» ولـكن الواقع أن «يكون» هي وحدها التي يمكن أن يكون استعمالها قرين الصواب والسداد ....

ان الزمن والسموات قد ظهرا في الوجود في لحظة واحدة، وذلك لـكي ينفضا معاً اذا قدر لهما أن ينفضا «أفلاطون»

ينحصر الخلاف الحقيقي بين الفيزيقا والحياة في أن الأولى لا تسلم بعدم قابلية انقلاب الزمن في حين تسلم الحياة بذلك وتعتبره أساسيًّا لها . ونحن مع ذلك لا ندري هل يكون للزمن الفيزيقي « ت » نفس الدلالة التي تكون له في كل من البيولوجيا والتطور والتاريخ وتجارب الأيام . المعلوم أن الادراك الـكلي الفيزيقي للزمن قد نشأ وتكوّن عن طريق استخدام آلات قياس الزمن (الساعات) بالفعل في وصف العمليات الطبيعية ، واستمرّ كذلك إلى أن اتخذ لنفسه أخيراً صيغة أخرى هي الصيغة الفلـكية التي تعينت عن طريق دوران الأرض حول نفسها ثم حول الشمس . ثم اعتبر اليوم في الحقيقة مقياساً زمنيًّا مطلقاً . ووافق هذا المقياس الهوى لأن قوانين الفيزيقا تصبح سهلة بسيطة الصيغة إذا اعتبرناه كذلك

وهنا نجد أمامنا عقدة هي أن دراسة حركة القمر قد انتهت بالفلـكيين إلى القول بأن الأرض تتباطأ في دورانها ، أي أنهم لتعليل حركة القمر الظاهرية افترضوا أن اليوم يتزايد طوله . وقد أظهرت نظرية المد والجزر أن من أسباب هذا الابطاء الاحتكاك الذي يقع في قيعان الأحواض المائية الضحلة بسبب المد والجزر . مثال ذلك أن اندفاع مياه المحيط الأطلنطي في أثناء المـد والجزر في البحر الأرلندي يسبب قوة احتكاكية كبيرة تعوق حركة دوران الأرض حول نفسها . ويبدو أن هناك ، عدا هذا الابطاء ، تغيراً دوريًّا بطيئاً جدًّا في طول اليوم ربما كان سببه مايحدث لقشرة الأرض من تمدد وتقلص منتظمين

ويصرح الفلـكيون بأن المقياس القديم للزمن لا يطارد إبطاؤه فحسب بل إنه يعاني أيضاً

تغيراً منتظماً متناسقاً . وهم لذلك قد أهملوا الأرض عند تعريفهم الفترات الزمنيــة المتساوية ، واستعاضوا عنها بشيء آخر خفي . ثم إنهم لم يعلنوا ذلك للملأ ، ومن ثمَّ ما كان لأحد أن يستخلص لنفسه هل كانوا قد تحققوا من أنهم بعملهم هذا قد غيروا المعنى النظري للأقيسة الفيزيقية جميعها أم لا . لقد عرَّفت الفيزيقا الزمن في أولى أيامها بدلالة آلة زمنية مختارة (الساعة) ثم بعدئذٍ مضت في سبيلها تبحث عن قوانين الطبيعة . ولـكن صلاحية الطرق القديمة أصبحت لا تفي بحاجة الفلـكي الحديث الذي عين لنا الزمان وأدار ساعات معاملنا الفيزيقية . ولدى هــذا الفلـكي من الأسباب ما جعله ينكر على الأرض صلاحيتها لذلك ، فقلب لنا الأوضاع رأساً على عقب . ولـكي ينفذ قوانين القصور الذاتي والجاذبية بالنسبة لحركة القمر — وإلى مدى أقل بالنسبة لحركة السيارات والشمس — نراه قد جعل هذه القوانين مقياسه النموذجي الدال على الفترات الزمنية المتساوية بدلاً من دوران الأرض . والموقف غريب وعلى الأخص من وجهة أن قانون أينشتين الذي نسخ قانون نيوتن لا يصلح أن يتخذ آلة زمنية فلـكية كما أوضح ذلك العلامة لارمور . وربما استطاع الفيزيقي في القريب العاجل أن يتخذ من الذرة آلة لقياس الزمن نظريًّا في الفيزيقا مع مضيه في اتخاذ دوران الأرض المصحح مقياسه العملي ، على أنه إذا استطاعت الفيزيقا أن تبتكر وسيلة ما لقياس الفترات الزمنية الضئيلة في جولة الالـكترون في فلـكه، فإن الالـكترونات قد تتخذ عندئذٍ وسائل تمدنا بمقياس أساسي للزمن . وعلى ذلك فإذا كانت سرعة الالـكترون قد قيست أولاً بطريقة ما غير مباشرة فالمأمول أن تصل الفيزيقا إلى قياسها بطريقة مباشرة ، وعندئذٍ قد يصلح الالـكترون أن يكون آلة جيدة لتعيين الزمن . ولـكن يتحتم على الفلـكيين في الوقت ذاته أن يعلنوا الناس بما يكونون قد وصلوا إليه ، لأنه باستعمال آلة زمنية فلـكية من النوع الجديد تفترض الفيزيقا قوانين كلاسيكية أثناء بحثها في عمليات معروف عنها أنها تنقض هذه القوانين من أساسها . إن الفيزيقا النظرية لا يمكن أن تتوقع توضيح مسائلها الأساسية ما لم تراع كل المراعاة ما يتضمنه هذا التصرف المريب .

والفيزيقا كمعظم المذاهب تتضمن قسطاً كبيراً من العظمة والـكبرياء، ولـكنها الآن على النقيض من غيرها مشغولة بمناهضة كل ادعاء أجوف لـكي تخلص بنفسها سليمة نقية من كل شائبة . فمثلاً نرى الـكتب الفيزيقية التي ظهرت في العشرين سنة الماضية ملأى بعبارات من هذا النوع « إلـكترون سرعته كذا سنتيمترات في الثانية » فهذه دعوى أهل الأساتذة إخبار تلاميذهم بحقيقة سرها الرائع ، وهو أن السرعات الالـكترونية لم تحقق بعد تحقيقاً عمليًّا تجريبيًّا مباشراً . وقد ظهر اليوم لذلك رد فعل إذ قامت الصيحة بوجوب عدم استعمال إدراكات كلية في الفيزيقا النظرية لا تتفق مع التقديرات الـكمية المشاهدة مباشرةً . ولذلك نجد أحدث النظريات الذرية

قد محت فكرة الأفلاك الالكترونية ، لأنه قد تحقق أن هذه ليست سوى حيلة رياضية لحساب شيء آخر غير ذلك وهو الطول الموجي للضوء الذي تستطيع الذرة أن تشعه . والمأمول أن يستعاض عن الأفلاك بشيء آخر يمكن أن يستخدم المعالم الذرية التي يمكن مشاهدتها مباشرة ، ولكن هذه الصورة الجديدة لم تكتمل بعد

ومع هذا فالفيزيقا لا تزال تعتمد على آراء لم تؤيدها البينات تماماً . فعلى الرغم من أن فكرة الالكترونات المتحركة قد استبعدت من النموذج الذري الحديث فانه لم يقترح بعد بديل لها ، وذلك بسبب الالكترونات التي توجد خارج الذرة . لهذا صار من المهم جداً لدى العالم الفيزيقي التجريبي أن يعرف هل يستطيع قياس المسافة التي يقطعها الالكترون في جزء مقيس معلوم من الثانية أم لا . ولم يقم للآن دليل على أن الطبيعة قد مهدت لنا الطريق بجعلها الالكترونات تسلك مسلك الجسيمات المتحركة ، مع أن الالكترونات في الواقع شيء آخر غير الجسيمات . والحق أننا لم نجر بعد تجارب مباشرة تكفي لأن نعرف منها هل مجموعة الأبعاد المستعملة في الالكترونات صحيحة أم لا . ولما لم تكن سرعة الالكترون معينة القدر للآن بطرق القياس المباشر فلا يمكننا الاستيثاق من أن أبعاد الثابت الجديد «هـ» المسمى ثابت بلانك هي أبعاد الطاقة مضروبة في زمن كما هو معروف. ويستحيل على الفيزيقا أن تصل إلى ابتكار طريقة لاجراء قياس مباشر لزمن ما داخل في الحركات الالكترونية ما لم تعرف أولاً كيف تتناول عمليات الكم وتتصرف فيها

وحينما نستوثق من عدم توطد الادراكات الكلية التي انبنت عليها النظرية الالكترونية كلها فاننا سوف ندهش لما نكون قد عرفناه عن الذرة نفسها ، ومع ذلك فمن الجائز أن تكون معلوماتنا عن الذرة أكثر مما نظنه ، وأن ما نتحدث عنه باعتباره حقائق خاصة بالالكترونات وبالاشعاع يكون أصحى لو اعتبرناه مجرد معلومات عن الذرات المنفردة وعن الطريقة التي تؤثر بها الذرات بعضها في بعض فانبعاث الضوء عملية ذرية ، ونحن في الحقيقة لا نعرف عن الضوء شيئاً إلا إذا مر بذرة فامتصته كله أو بعضه على الأقل . ويحدث للذرة حينما تضيء تغير غير مفهوم ينتقل منها إلى غيرها وهكذا . وقد تسبب الطاقة الممتصة تغيراً كيميائياً كما يحدث في اللوحة الفوتوغرافية ، ولكن اذا حدث أن أدرك عقل الانسان تغير الحالة هذا فان تأثير ذلك لابد أن ينتقل عاجلاً أو آجلاً ، بطريق مباشر أو غير مباشر ، إلى ذرة ما في شبكية العين . على أننا لا نعلم إلا قليلاً عن هذا التغير في حالة الذرة ، وهو على الرغم من تسميته عادة تغيراً في الطاقة الكهربائية الداخلية للذرة فانه سيظل حاملاً لمعنى أكثر إلى أن نصل إلى قياس سرعة الالكترون بطريق مباشر . أما أبعاد الطاقة الكهربائية فسنعتبرها كأبعاد طاقة الحركة ، أي

الكتلة مضروبة في مربع السرعة ، ولكننا لا ندري هل ذلك يصف التغيرات الذرية وصفاً صحيحاً أو لا . ولما لم يكن قد استطاع أحد قط أن يقيس أي زمن داخل في عملية إلكترونية فان مقياس الزمن في الذرة يخالف كل المخالفة المقياس الذي يعطيه الحساب . على أن جهلنا حقيقة ما يدل عليه تغير الحالة الذرية جهل كبير مطابق دفع البعض إلى معالجة الذرة على اعتبار أنها كائن تظهر فيه الحياة إذا ما أثيرت ، وتموت إذا ما بلغت الطاقة الذرية نهايتها الصغرى ولذا يقترح هوايتهد أن نعتبر الذرة كائناً حياً ، وإن يكن هذا الاقتراح بالطبع يدعو إلى الحيرة لأن ما نعرفه عن الحياة أقل مما نعرفه عن الذرة

إلا أننا مع هذا نعرف أمراً شيقاً للغاية بخصوص هذا التغيير الذي يحدث للذرات دون أن ينتهي إلى تغير تكوينها فحينما يدرك الضوء ذرة في شبكية العين يسري حث كهربائي في أحد الأعصاب فيغير حالة البروتوبلازم في جهة ما من المخ . فهذا التغير في حالة المخ ندركه على الفور وهو المعروف لدينا بالادراك الحسي للون . وعلى ذلك فنحن نعرف بشكل ما عن حالة هذا التغير الذري أكثر مما نعرف عن «المجالات الكهربائية» أو «قوة التثاقل» أو أي تعبير رياضي آخر مستعمل في الفيزيقا لربط المقادير المشاهدة المقيسة . أما التغير الحادث في ذرة الصوديوم مثلاً حينما يوضع ملح الطعام في اللهب فليس تغيراً في شعور ذرة الصوديوم أو وعيها ، لأنها ليست جزءاً من مجموع عصبي معقد فيه من التآزر الراقي ما نرى له أمثلة في عمل الأعضاء في جسم الانسان ،وعلى ذلك تكون الذرة عديمة الشعور عديمة الوعي . ولكن حينما يقع هذا التغير لذرة في المخ فاننا نشعر به على الفور ، وتكون التغيرات الحادثة في المادة عند امتصاصها الضوء مقترنة دون شك بمسألة الشعور

لهذا نحن مسوقون لأن نسأل : كيف بنيت الذرات في المجموعات المعقدة التي تمتاز عن غيرها بالحياة ، ثم في المجموعات الأكثر تعقيداً التي هي مقر الشعور عند الانسان ؟!

الفصل الثامن عشر

تجربة تطورية

يشبه الكون في نشوئه وتكشفه الثوب ينسج فوق النول . وما سداة النسيج ولحمته الا الفضاء والزمن . فعند أية لحظة خلال النسج يكون قد انتهى جزء من المنسوج انتهاء لا رجوع فيه . أما باقيه فيظل مخبوءاً في النول ، لا يلده الزمان الا في ابانه . ويكون النول تبعاً لوجهة النظر القائلة بميكانيكية الطبيعة ، قد مضى يعمل منقاداً لقوانين أزلية خاصة ، أي أن الثوب وجد بتمامه في الاصل منذ البداية ، ثم صار يتطور فكان تطوره مرادفاً لما يظهر فيه من تغيرات قدر عليها أن تظهر ، ومن ثم كان خروج الثوب من النول أمراً مرسوماً فعلا . وتبعاً لوجهة النظر القائلة بعدم ميكانيكية الطبيعة يكون النول مقوداً بكيفية لا يعرفها أحد ، فينتج اذن مالا يعرفه أحد. «جينز»

كثيراً ما تكون صيغة السؤال الموجه سبباً في صعوبة الاجابة عنه بل تعذرها . فمثلاً إذا أردنا أن نسأل عن الحياة فيحسن بنا بدلاً من أن نقول « ما هي الحياة ؟ » أن نضع السؤال في صيغة عملية صالحة للمناقشة فنقول « هل يستطيع أحد عباقرة الفيزيقيين أن يعد في يومه المواد الكيميائية اللازمة له لكي يصوغ منها في غده إنساناً تركيبيًّا ؟ وإذا لم يستطع فلماذا ؟ وما هو ذلك الذي نسعى إليه فلا يكون منه إلاَّ أن يباعد ما بيننا وبين الوقوف على سر الحياة ؟ »

فلنرقب عن كثب ذلك الفيزيقي الطموح فنراه يدخل معمله ثم نراه يبدأ عمله بسهولة فيعد في لحظة بعض جزيئات بسيطة من عناصرها . ثم ها هو ذا قد جهز المادة الغروية الأولى التي يحتاج إليها بعد، وها هو ذا قد بدأ يركب التركيب العضوي الأول . ولكن علمه الواسع العريض لا يمنحه الأبدية كلها على صورة دقيقة من الزمن . ولذا نراه يتباطأ في سيره ويتمكث . فاذا كان اتحاد الجزيئات الأولى يستغرق جزءاً من ألف جزء من الثانية تقريباً فان أبسط جزيء غروي يستغرق في تكوينه ثانية تقريباً . أما الجزيء الغروي العضوي فيستغرق دقيقة . وكأنما لا تستطيع الطبيعة أن تمضي في عملياتها بأسرع من ذلك ، فلها اتزانها ولا يمكن أن تقحم على الاسراع . وإذا نحن صبرنا على صاحبنا حتى آخر النهار فقد يصل إلى هباءة البروتوبلازم الأولى ولو استعان بكل ما في العالم من مهارة فلن يحصل على غير أمثال هذه الهباءة ، ثم هو لن يحصل

منها على شيء آخر في مجال التطور . ولكن انظر إليه الآن واعجب لما ترى اما أسرعه إلى إجراء العمليات الحسابية فكأنما قد وقف على سر عظيم من أسرار الطبيعة أيقن منه في النهاية أنه عاجز عن أن يخلق جنيناً آدمياً . ثم وجه نظرك من فوق كتفيه إلى ما يكتب تقرأ الجدول الآتي : —

النهاية الصغرى للزمن الذي تتطلبه العمليات التركيبية التي تجريها الطبيعة للحصول على مراحل تطورية متعددة

ابتداء من العناصر إلى	النهاية الصغرى للزمن	
مركب بسيط غير عضوي	٠٠٠١ر٠	من الثانية
غروي بسيط	١	ثانية
بروتين	١	ساعة
بروتوبلازم أولية	١	شهر
أبسط الكائنات الحية الأحادية الخلية	١٠	سنين
حيوان ذي زوائد خيطية	١٠٠٠	سنة
حيوانات ثديية من بينها الانسان	١٠٠٠٠٠٠	سنة

وهذه تقديرات حدسية جداً مبنية على أمور ظنية . فلكي تقترب ذرة من أخرى لتكون جزيئاً فانه يلزم لذلك قدر من الزمن . ويكون الزمن اللازم أطول إذا كانت الذرات الداخلة في التركيب المراد أكثر عدداً . فمثلاً فلز الفضة متبلور في العادة ، ولكن إذا تكاثف بخار الفضة بسرعة فلا يكون لدى الذرات متسع من الوقت يكفي لأن ترتب نفسها ، فتتراكم فوق بعضها بشكل ما مكونة كتلة غير متبلورة . أما العمليات الغروية فتستلزم مدداً أطول ، لأنه توجد جزيئات كبيرة ضخمة ترتب نفسها على سطح الجسيمات الغروية . وأما في الصيغ الأولى للبروتوبلازم تكون النماذج الجزيئية أكثر تعقيداً من ذلك ، ومع هذا فلا بد للجزيئات من زمن آخر لكي تنظم نفسها على الوجه الصحيح

وربما كان الذي يعوقنا عن عمل البروتوبلازم هو قصورنا فقط ، ولكننا على كل حال محتاجون بلا شك الى زمن يتزايد بكثرة لكل مرحلة من مراحل التطور المتعاقبة . وسيكون الحال كذلك دون ريب عندما نصل إلى الكائنات الحية الأكثر تعقيداً من جراء مراعاتها الوسط خلال توالدها أجيال عدة . أما الكائن الحي الراقي فلا يمكن تكوينه مباشرة ، إذ أن الترتيبات الجزيئية

في جسمه لا يمكن الوصول اليها إلاّ عن طريق أسلوب حيوي بسيط يستغرق نشوؤه أجيالاً لا عداد لها . وتبقى الوراثة العضوية في النماذج التي تنشأ فقط بعملية التناسل المتكررة البطيئة . وإذن فالزمن هو كل ما ينبغي أن يتغلب عليه العالم الطموح في تطلعه إلى خلق جنين آدمي ، إذ أن كيمياء الزمن التركيبية وحدها هي التي تستطيع أن تبني الكائنات الحية التي يحمل كل فرد منها في طيات نفسه سلسلة توارثية طويلة .

أما مقادير النهايات الصغرى للزمن المطلوب في كل حالة فجزء من ألف جزء تقريباً من الأزمنة الحقيقية اللازمة في التجارب العملية أو في تاريخ التطور كما تدل عليه المدونات الجيولوجية . وربما تكون أول خلية حية قد استغرقت في نشوئها من المواد غير العضوية مليون سنة أو يزيد ، وربما تكون الحيوانات الثديية قد استغرقت ألف مليون سنة . وربما تكون هذه العمليات قد جرت بأسرع من ذلك . فالأزمنة المعطاة ليست سوى تقديرات لنهاية الزمن الصغرى التي تلزم في حالات الكمال المتخيلة . والراجح أننا سنصل بتقدم المعلومات في التطور إلى استكشاف أنه لا بد من مضي زمن معلوم قبل أن تتكون المجموعات العضوية ذوات التراكيب الخاصة المعقدة . وفي هذا الصدد يصح أن نقول إن النطفة والرحم عند الانسان يحملان في طياتهما تركيباً ربما يكون قد استغرق مليون سنة على أقل تقدير .

وليس لغير معهد دولي للأبحاث التطورية تشرف عليه أثبت عصبة دولية أن ينفسح أمامه الأمل للوصول إلى خلق إنسان صناعي . وحتى مع هذا تكاد ثقة الأنسان في مكنة ذلك تضيع لأن الزمن يعمل أكثر مما يعمله الانسان . ولكن الانسان بالجلد والمثابرة ، جيلاً بعد جيل ، قد يستطيع ذلك بشرط أن يكون قد عرف كيف ينتهز سنوح فرص الزمان المبدعة الخالقة ، وأن يحذر الوقوع في خطأ يقطع عليه الوصول إلى كنز السنين المتجمع المتراكم ، ونقصد به الوراثة التطورية . أما كيف يصل الانسان إلى تقدير الحياة ، وكيف تغير مثل هذه التجربة وجهة نظره إلى البشر تغيراً عميقاً ، فكلاهما أمرٌ معجز لا يقدَّر بثمن ، وهو ثمرة مليون سنة

وستسمح لنا معلوماتنا العلمية بعد عشرين سنة أن نبدأ بها هذا العمل العظيم ، وسنبذل المال بسخاء للاشتراك في تأسيس هذا المعهد الدولي . لقد أمر الله الزمان لخلق الانسان ، وقد يستخدم الانسان بأمر ربه هذا الزمان لخلق الانسان مرة أخرى . وكل ما في الأمر أننا سنمهد السبيل للحياة لكي تنشأ من جديد متى اكتملت أسبابها المتخيلة ، وستكون سويسرا مقر هذه الأبحاث التطورية . ويصح أن تظهر الحياة بتوافر هذه الأسباب بأسرع مما ظهرت أول مرة على سطح هذا الكوكب السيار الوحشي . وقد يغضب الله سبحانه وتعالى من ذلك فيجازي بني الانسان على محاولاتهم إقامة هذا الصرح الذي يصل بهم إلى سر الحياة ، فيسلط على أولئك العلماء العاملين

لا « طيراً أبابيل ترميهم بحجارة من سجيل » بل اختلالاً في الموازين والمقاييس يتركهم حيارى محترين

والواجب في أمثال هذه المشروعات أن يؤخذ بأسبابها جديًّا ، فنحن أرقى الكائنات الحية وأكثرها اعتداداً بالنفس والشعور ، وقد أمدنا الله بكثير من وسائل البحث الفني وأسبابه فعلى اولئك الذين وهبهم الله منا قوة التخيل الخالصة المبدعة والذين يقدسون الحياة أن ينهضوا هم بمسئولية ذلك ويستخدموا الوسائل العلمية في أغراض الانشاء والتعمير لا الهدم والتدمير. ويستطيع كل منا أن يتصوّر اهتمام الناس بأمورهم وقد تحول فجأة إلى سويسرا بعد أن تكون محطات الأذاعة اللاسلكية العلمية قد أذاعت أن الأميبا الصناعية الأولى قد أوجدتها يد الفيزيقي البيولوجي. ولو أننا وجهنا جهود العلم إلى ذلك لاستطاع في المستقبل أن يعوضنا عما أضاعه ماضيه في صناعة المقذوفات المهلكة مثلاً من وقت وجهد ومال وأرواح. بل يخيل إليّ أن الحكومات ستكون من الضعف بحيث لا تستطيع أن تدعو إلى حرب لو أن الفيزيقيين رفضوا أن يصنعوا المدافع وأدوات الحرب المهلكة ، وأضربوا هم والعلميون جميعاً عن عمل أي شيء ، فينتهي كل خصام إلى التحكيم العادل

وقد ينظر إلى مسألة الحياة في ضوء جديد إذا قبلت هذه الآراء المتخيلة ففرضنا أن ثمة فترة زمنية لازمة لتكوين أي كائن حي. لانهُ إذا كان الأمر كذلك فان القوانين التي تخضع الحياة لها لا بدّ أن تتضمن عمر الكائن الحي ابتداء من لحظة معينة في تاريخه. وقد نختار لهذه اللحظة البرهة التي تستقر فيها النطفة داخل الرحم في الحيوانات الراقية ،أو يصح أن يعتبر العمر في تلك التجربة التطورية التي ذكرناها ابتداء من اللحظة التي اتحدت فيها أولى المواد التركيبية الكيميائية الأولية فكوّنت جزيئات. والمهم إذن أن هذه العملية التطورية كلها يجب أن يعبر عنها بقوانين تدخل في حسابها عمر المجموعة التي قد تكون قيد الفحص والبحث

فاذا حدث مثلاً أن وجدت في كل من ذرتي إيدروجين الطاقة التي تكفي لاتحادها فتكونان جزيء إيدروجين ، ثم تقاربت الذرتان من بعضهما واتحدتا ، فالواجب أن يبين القانون الذي يصف ما حدث أن الاتحاد تمّ في لحظة ما وأن العملية قد بلغت غايتها. وهذا مثل لعملية غير قابلة للانقلاب لأن الجزيء لا يمكن أن ينحل ثانية طواعية واختياراً. وعدا هذا فان التعبير الرياضي لهذه العملية يجب أن يتضمن عمر المجموعة الصحيح الذي عنده تم العملية مقيساً ابتداء من لحظة ما أساسية مختارة. وبذلك نضع حدًّا شائقاً للقاعدة التي وضعها مكسويل أساساً للفيزيقا. فهو يقول بأن قوانين الفيزيقا يجب أن تكون أبدية وغير متغيرة ، وأنها لذلك يجب أن تصاغ بحيث لا تشتمل بشكل ظاهر على الزمن. ومعنى هذا أنه بالنسبة للقوانين الفيزيقية لا يمكن أن يكون

ثمة فرق بين اليوم والغد . فالقوانين تختص حتى بالتغيرات الصغيرة التي تقع للمجموعات في فترات زمنية قصيرة ، فهي إذن ليست بحاجة إلى إيضاح أي تمييز أساسي بين لحظة وأخرى

أمثال هذه القوانين لا يمكنها أن تفسر لنا كيف يحدث شيء مفاجيء فيسبب تغيراً جوهريًّا في المجموعة، كأن تصبح مجموعتان مجموعة واحدة أو كأن تنقسم مجموعة إلى مجموعتين . والواجب أن توضح قوانين النمو أو التطور العضوي كيف تحدث للمجموعة أمور خاصة عند بلوغها سنًّا خاصة ، كاتحاد ذرتي إيدروجين أو كادراك الكائن الحي سن البلوغ . فقاعدة مكسويل تضع تحديداً لصيغة القوانين الفيزيقية، وهذا التحديد من شأنه أن يمحو تماماً القوانين التي قد تكون مناسبة للكائنات الحية . ولكن ليس هناك ما يمنع ظهور فيزيقا أخرى أوسع من الحالية تحاول أن تصوغ هذا النوع الجديد من القوانين وهو الذي يمكن أن يطبق على تاريخ المجموعات الفردية وتكشفها،ومن المحتمل إذا أمكن الوصول إلى ذلك أن تبدو لنا قوانين نيوتن وأينشتين ومكسويل كأنها أشياء تقريبية تصلح عند عدم حدوث شيء ذي أهمية خاصة ، أي مثلاً عند ما كانت تحسب التحركات الفضائية وحدها دون تركيب الضوء أو تحليله أو انبعاثه

وتفرض القوانين التي من النوع النيوتوني الذي فكر فيه مكسويل أن الانسان يمكنه أن يشرح أحسن شرح الحالة الحاضرة لمجموعة ما دون تعيين تاريخها الماضي . ولكننا لا نستطيع أن نقول شيئاً عن داخل الكائن الحي ويكون دقيقاً كل الدقة ، ولذا رؤي أن الأصلح شرح ما عرف من تاريخه الماضي . نحن لا نحاول أن نقول أين توجد الذرات في الكائن الحي ولا متى وجدت ، بل نحن نذكر بدلاً عن ذلك نوع الكائن وعمره وما إلى ذلك . فيصح تعريف الكائنات الحية إذن بأنها مجموعات يسهل تقدير مستقبلها من تاريخها الماضي عن تقديره من تكوينها الداخلي الحالي . ومن ثمَّ كانت أسهل صيغ القوانين العضوية هي تلك التي توضح عبارتها بدلالة عمر الكائن الحي والتي لا تهمل تاريخ حياته . وهذه القوانين بالضرورة غير قابلة للانقلاب ما دام تمثيل الاكسيجين أو الطعام سائراً في طريقه بشكل لا يمكن أن ينعكس أو ينقلب . إن الحياة أشبه شيء بوظيفة لا بدَّ أن تتغير باستمرار في اتجاه واحد ، فاذا ما وقف هذا الاطراد اختفت الحياة . والفرق بين الحي والميت يبدو الآن أقل أهمية من تقسيم العمليات الطبيعية كما يأتي : —

أولاً — عمليات قابلة للانقلاب ويمكن التعبير عن قوانينها بدون عمر المجموعة ، مثال ذلك الحركات التثاقلية والميكانيكية التي لا تتضمن ضوءا أو حرارة

ثانياً — عمليات غير قابلة للانقلاب ، وهذه يعبر عن قوانينها خير تعبير بدلالة الزمن

الكلي الذي مضى ابتداء من حالة أصلية ما. مثال ذلك الاتحاد الكيميائي والنمو والتطور والنشاط الاشعاعي وتأثيره كيميائياً وجميع التغيرات التي تتضمن ضوءاً أو حرارة

ولطالما أكدت الفيزيقا أن العمليات التي من النوع الأول أساسية في الطبيعة ، وقدم علم الفلك مثلاً نموذجياً لذلك في حركة الكواكب السيارة . وقد كان هذا التأكيد وحده سبباً في ظهور النتيجة الجوهرية من خلف الصراع بين النظامين الآلي والحيوي. ولكن إذا كان الاستاذ بورن صادقاً وكانت العمليات الذرية الأساسية غير قابلة للانقلاب فان الموقف يتغير كلية . ولا تعتبر الحياة بعد ذلك عارضاً قاهراً غير مقيد في دنيا ذات قانون ميكانيكي ، إذ الواجب أن تعتبر قوانين الجاذبية والميكانيكا ، في حالة ما تكاد تكون قابلية عدم الانقلاب معدومة ، كأنها حالة نهائية لسلسلة كاملة من عمليات غير قابلة للانقلاب تشتمل على أهم أمثلة النظام الأساسي في الطبيعة . وتتضمن هذه السلسلة بالطبع العمليات الذرية المتصلة بالحرارة والضوء والكهربائية والاتحاد الكيميائي والتأثيرات الفردية والنمو العضوي والتطور العضوي وتلك العمليات الكهربائية البالغة حد الانتظام والدقة التي هي أساس الشعور . فاذا كانت وجهة النظر هذه صحيحة فان العمليات الذرية الاشعاع والاتحاد الكيميائي يجب أن تكون تلك التي يريدها البيولوجي في تكوين الكائنات الحية . وبدلاً من خواء الجسيمات الصغيرة الخاضعة لقانون التربيع العكسي يقدم الفيزيقي الحديث لزميله البيولوجي نوعاً جديداً من ذرات ذات خواص كهربائية ومغناطيسية تجعله قادراً على بناء مركبات ثابتة

وقد يقول له البيولوجي « نعم ولكن للكائنات الحية أربع ميزات هامة ، فسلوكها التخلقي غير قابل للانقلاب ، وهي تنمو ، ولها ذاكرة ، ولها غرض وظيفي . فاذا قلت لي إن ذراتك تخضع للقوانين غير القابلة للانقلاب فيها لأن كائناتي الحية تخضع لهذه القوانين . ولكن نمو بلوراتك يختلف كثيراً جداً عن نمو خلاياي وكائناتي الحية ، ثم إنك لا تستطيع تفسير الغرض الوظيفي الظاهري للحياة كلها . »

فيجيبه الفيزيقي « هب أن ذرتي إيدروجين تبعدان احداهما عن الأخرى مسافة ما ، وأن بهما من الطاقة ما يكفي لأن يكونا معاً جزيء إيدروجين . فاذا بدأتا تتحركان صوب بعضهما بتأثير قوة جاذبة فذلك لا يدهشنا . ولكنهما تسيران صوب غرض نهائي ، هو على كل حال غرض وإن كانتا بالطبع لا تشعران به . فاذا لم يتدخل بينهما دخيل فهما لا بد متصلتان معاً مكونتان جزيئاً ، وتكون العملية إذن قد بلغت ذروتها . وتتأثر الذرتان بقانون جاذبي قاهر فتتحركان صوب حالة نهائية لا يمكن الافلات منها ما لم تتدخل مؤثرات خارجية . وتبلغ مجموعة الذرتين بالضرورة الغرض النهائي ، وتكون للعملية في معناها هذا صفة التعليل الغائي teleologial ،

وإن يكن هذا لا يعني أن قوة ما قد راحت عامدة متعمدة هذه الغاية لتسوق الايدروجين هاتين

« فهذه الصفة لم تكن في قانون الجاذبية النيوتوني ، وذلك لانه أخفق في أن يذكر لنا ما يحدث عند نهاية أية عملية . مثال ذلك عند ما يصطدم نيزك بالأرض . وتتهرب القوانين النيوتونية من مسئولية البحث في الحوادث المثيرة المستحدثة ، كتزاوج الذرات وموت النيزك . ويبدو محتملاً من الجهة الأخرى أن جميع القوانين غير القابلة للانقلاب يمكن أن تفسر بأنها تجيء من ، أو تؤدي إلى ، حالة انتهاء إنقلابية . وعلى ذلك فجميع العمليات الحرارية تميل إلى جعل درجة الحرارة واحدة تقريباً ، وكذلك تسير التفاعلات الكيميائية صوب حالة نهائية . وتبدي أمثال هذه المجموعات أوليات الفرض الباطن أي غير الواعي وعلينا أن نتخيل هذه المجموعات وقد جعلت أكثر تعقيداً فاستغرقت زمناً طويلاً ولاقت تغذية طيبة قبل أن تبلغ غرضها غير الواعي سواء كان ذلك الفرض هو التوالد الغريزي لحفظ النوع أو كان أية وظيفة بيولوجية أخرى »

فيقول البيولوجي « قد يكون ذلك صحيحاً ولكني أحب هذا الفرض غير الواعي الذي كشفت عنه القناع في الفيزيقا غير القابلة الانقلاب لأني ضقت ذرعاً بزملائي الذين يرون العقل الواعي في كل مكان . ولكن إذا سلمت لك بأن رأيك في الذروة ، وما ترتب عليه من جزيئات وغرويات يقربني على رأيين من آرائي الأربعة في الحياة وهما عدم قابلية الانقلاب والغرض غير الواعي فلا يزال لديك النمو والذاكرة »

فيجيبه الفيزيقي « حقيقةً إن النمو والذاكرة أمران لا تعرف عنهما الفيزيقا الا قليلاً . ولكنا على كل حال قد اختزلنا مسألة الحياة إلى أصغر نسبها . فهي لم تعد بعد السؤال القائل « ما هي الحياة ؟ » بل انحصرت في السؤال عن كيفية تحويل العمليات الغروية نفسها إلى مجموعات ماضية في النمو والترقي ، فعالة باستمرار ، تستطيع أن ترد على تأثيرات الوسط فتحصل في النهاية على خاصية ما . وهذا السؤال بالطبع أقل صعوبة من الأول . وعدا هذا فما دامت مسألة الاشعاع هي أساس جميع العمليات الكيميائية المقترنة بالمحافظة على الحياة فان لنا أن نتوقع مدداً عظماً يجيئنا حينما توضح لنا الفيزيقا هذه المسألة المعقدة وتبسطها كل التبسيط »

الفصل التاسع عشر

الفيزيقا والعقل

تضمحل بسرعة تلك الميزات المدهشة التي كانت يوما ما ، تفرق ما بين المادة والعقل . فالعقل لا يقل عن المادة في انه « غير هيولي» والمادة لا تقل عن العقل في انها « معترف بها » ولتعليل تطور الكون وتاريخه وسلوكه، او لتعليل ذلك بالنسبة لاي كائن متضمون في الكون ، تعليلا يتصل بالعقل او الحياة او المادة فان اولى قواعد العلم يجب ان تتضمن في النهاية ، عدا القوانين الميكانيكية، شيئاً من حركة التكيف والانتخاب والقود

« الدكتور شارلز س . مايرز »

لو أن عالماً سيكولوجيًّا غير سلوكي [1] كان مصغياً للحوار السابق لتدخل فيه قائلاً « هل يرى الفيزيقي جادًّا أن علينا أن نحاول إبعاد العقل عن الصورة التي ترسمها لجسد الانسان ؟ وحتى إذا استطعنا في النهاية أن نفسر الأغراض غير الواعية لدى الكائنات الحية الدنيئة بأنها نهايات تدفع إليها بقوانين فيزيقية ، فان الانسان مع ذلك يظل صاحب الميزة الكبرى ميزة العقل الواعي . فهو يستطيع أن يختار له غرضاً . وهو إذا شاء نبذه لغيره . ولذا وجب عليك في الصورة التي ترسمها أن تسلم بظهور العقل عند نقطة ما خلال التطور »

فيجيبه الفيزيقي « على رسلك ياصاحبي ! إن نظرتك الفاحصة كلها صوب الشعور أو الوعي لا تتم فقط إلاَّ على رأي مقتصر على مرحلة واحدة من مراحل نمو الانسان فلا توجد البتة حالة يمكن أن تعبر عنها كلمة « واعٍ » تعبيراً ملائماً . وتوجد في الحقيقة حالات شعور كثيرة جدًّا ومختلفة أيضاً متدرجة بعضها مع بعض، أو تؤلف بعضها مع بعض ، سلسلة حالات متميزة . ونحن لا نعرف الكثير عنها ولكن تنوعها مدهش للغاية . وهناك ذلك النوع الغامض من الحس حين نفيق من الكلوروفورم ، وحين تعترينا الأحلام ونحن نيام ، وذلك الاحساس السلبي الذي يصحب النشاط المنتظم كما في حالة الجري . وتوجد عدا ذلك حالات أخرى معروفة مختلفة

---

(١) السلوكية behaviourism مذهب سيكولوجي مبني على دراسة السلوك دراسة موضوعية

عن ذلك كل الاختلاف في أحلام اليقظة ، وفي التركيز الذهني وفي شبه الوعي لدى الفكر المبتكر المبدع . وتصور على الأخص حالات الشعور المرتبطة بالحب ، أو بحركات العقل العليا المبدعة . فالارادة الحرة أو حرية الاختيار تنعدم بتاتاً في حالة الوله كما تنعدم لدى الفنان الذي يضطر إلى اتباع ما يوحي به إليه إلهامه شبه الواعي لأداء ما عليه. ففي أمثال هذه الظروف تختفي الارادة الحرة وتنعدم إزاء حاسة عوز عضوي داخلي

« إخال هذه الامثلة قد بينت أن الغرض الواعي ليس بأي حال التشخص النهائي أو التشكل الأرفع للسلوك عند الانسان ، وأن الارادة الحرة لا يمكن أن يفهم منها من ثمَّ القدرة على تخطي قوانين الطبيعة . وما الارادة الحرة في نظري إلاّ خاصية ظاهرية للسلوك العضوي عندما لا يكون قد تمّ تكامل الشخصية ، وحينما يكون العقل قادراً على أن يتردد بين غرضين . فعلينا في الحقيقة أن نتناول بالبحث عند الانسان سلسلة كاملة من صيغ السلوك ذي التعقيد والتكامل البالغين الحد ، كالأفعال العكسية والغريزية ، والحركة الاختيارية ، وأخيراً كوظيفة الأهام الابتكارية التي تؤدي إلى نهايات لا يمكن إدراكها ولا التنبؤ بها عقلاً . فيجب أن يقابل كلاً من هذه نوعٌ ما من الشعور ، هو في نظري عملية محية ذات درجة تعقيد معينة . وبمقارنة ذلك بتجاربنا بخصوص أساليب الشعور المختلفة يمكن أن نستنتج من بناء الجهاز العصبي المركزي لأي كائن حي نوع الشعور الذي يمارسه

« وأخيراً فلابدَّ أن نتوقع يوماً أن نصل إلى وضع منهاج للسلوك العضوي كله بدلالة العمليات العضوية وقوانينها ، ولكن قد يكون أسهل كثيراً في بعض الحالات أن نفسر ما يحدث للانسان بألفاظ تعبر عن تجربته الواعي . وينكر السلوكي الدلالة العلمية لكل شيء إلاّ دلالة عناصر التجريب الواعي البالغة غاية الوضوح ، ولكن كان عليه بالطبع أن يبدأ بادراك الانسان الضوء واللون إدراكاً كليّاً . إن العلم لا يمكن أن ينجح بغير آراء تكتسب كل فحواها من صفات التجريب الواعي ، ومن ثمَّ يكون موقف السلوكي المتطرف قد انشأ من حكم سابق يعوق سلامة التفكير . على أن السلوكية، باعتبارها حملة موجهة لتدعيم الملاحظة المباشرة لما يحدث حقيقةً للكائنات الحية من حيث الحركات الفيزيقية، تحسن صنعاً إذا هي جاءت لنا بمعلومات غير مفرضة ولا متحيزة عن الحياة

« أما تفسيري للمسألة فيمكن وصفه بالطريقة الآتية : إن الشيء الذي يعلم لنا في الطبيعة إنما هو عملية في الزمن . وتختلف درجات الشعور في العملية العضوية تبعاً لتعقدها ودرجة تضامن عمل الأعضاء . ولا توجد هناك حالة تسمى الوعي عند الانسان لأن جسمه يمكنه أن يؤدي وظائفه بدرجات تضامن مختلفة في عمل أعضائه . وإذا ما سألنا عما إذا كانت الذرة عند امتصاصها الضوء تعي أو لا تعي فالسؤال يكون غير ذي معنى معين . ولكن بعد بضع سنين سيتمكن

المنهمكون في دراسة فسيولوجيا الجهاز العصبي المركزي من بيان عدد خطى التراكيب والتكامل الحادثة ابتداء من أبسط خلية إلى الانسان المفكر المبتكر المبدع ، وسينسب لكل مرحلة من هذه المراحل أسلوب وعي خاص . ولكن هذا الوعي أو هذا الشعور ، قبل الوصول إلى درجة تعقد عضوي خاص ، لا يمكن أن يكون شيئاً يستطيع الانسان أن يتخيله ، مثال ذلك أن الانسان قبل الوصول إلى أغمض الشعور والوعي يصح أن يسلم بوجود معرفة متواصلة غير تمييزية مبنية بدورها على نبض متزن منتظم للخلايا الأولية »

فيقول السيكولوجي « إن رأيك هذا لا يزال بطبيعة الحال مبهماً ، غير أنه يبدو في مجمله ملائماً . ولكن اخبرني هل يستطيع العقل أن يؤثر في المادة ؟ فأنت تشير ، على قدر ما فهمت منك ، إلى أن المادة تؤثر حقيقةً في العقل »

فيجيبه الفيزيقي « إنني لم أقل ذلك ، وأراك قد عدت إلى تلك الأسئلة الخرقاء التي أضاع الفلاسفة فيها دون طائل وقتاً طويلاً . فأنت بسؤالك عما إذا كان العقل يستطيع أن يؤثر في المادة أم لا تكون قد سألت سؤالاً عديم المعنى ما لم تكن تعرف ماذا تعني بالعقل والمادة ، ومعنى العقل والمادة في نظر الرجل العلمي معرفة القوانين التي يخضعان لها . فمن جهة تدل نظرية النسبية ونظرية الكم الحديثة على أنه لا توجد هناك مادة بالمعنى القديم ، معنى الجسيمات المصنوعة من سلعة لا تتغير ، وعلم الفيزيقا يقول بأن العمليات الذرية وغيرها هي التي يجب أن تحل محل المادة ، حتى لقد استراب العلامة جينز الأمر فاضطر أن يقول بأن العقل لم يعد بعد ذلك دخيلاً على دولة المادة ، وأن علينا من باب أولى أن ننادي به خالقاً لها وحاكماً عليها . وهو بذلك يقترب كثيراً من العلم الروحي الحديث . ومن جهة أخرى أراك تعني بالعقل في الحقيقة صيغة نشاط واع خاصة ، ألا وهي حرية اختيار الفرض . ولذا فلكي أكسب سؤالك معنىً حقيقياً وجب أن أستبدل به السؤال الآتي : هل الاختيار الواعي لغرض ما يغير العمليات الفيزيقية الجارية باستمرار في جسم الانسان؟

«ولكن هذا بدوره سؤال سخيف أيضا لانه يشبه السؤال: هل الانبعاج البسيط في خارج الطربوش يحدث تغيراً في شكله الداخلي ؟ والجواب الوحيد لهذا السؤال هو أن الانبعاج في الخارج ما هو إلاً طريقة أخرى لوصف الانبعاج في الداخل . فلم يكن أحدهما سبباً للآخر ، كما أنك إذا ثنيت قطعة من الورق فانك لا تستطيع أن تقول إن تجعد أحد وجهيها يسبب تجعد الوجه الآخر . إنهما متطابقان وصيغة السؤال المزدوجة هي التي تخلق لنا مسألة خرقاء لا معنى لها

« فالاختيار الواعي للغرض طريقة لوصف عملية خاصة ، والمخ بعد حدوث هذه العملية يختلف عنه قبلها . ولقد سبقت النظريات القديمة الخاصة بتلازم العقل والمادة أو بتبادل الفعل

بينهما فافترضت أنهما في نفسيهما شيئان منفصلان . إن هذه الأسئلة المهمة تختلف كل الاختلاف لو أدرك الانسان أن العقل والمادة لا يوجدان منفصلين ، وأنهما كليهما ليسا سوى طريقتين ناقصتين لوصف بعض أوجه عملية عضوية واحدة (١) . فأما الوجه الفضائي للعملية العضوية فيسمى الجسم الفيزيقي . وأما الوجه الزمني لها فيقابل الشعور بمحتوياته . والجسم الفيزيقي مجموعة خواص فضائية ، وأما الشعور فمجموعة عناصر زمنية ، كالذاكرة والانشغال والأمل والخوف والشوق ، وهذه كلها أمور تظهر في الزمن

«ولقد قال أحد العلماء «إن الزمن عقل الفضاء» وهو بذلك يحاول أن يفسر الفضاء والزمن بتشبيه آدمي . وذلك رأي إيحائي جداً ، وإن يكن الأفضل للباحث الذي غرضه الوصول إلى طبيعة الشعور نفسه أن تكون العبارة هكذا : « العقل هو الوجه الزمني والجسم هو الوجه الفضائي » ومما تجب ملاحظته أننا لم نصل بعد إلى ألفاظ وعبارات تصلح لوصف هذين الوجهين فالمادة لا تلائم الوجه الفضائي ، إذ لا توجد جسيمات غير متغيرة ، والعقل لا يلائم الوجه الزمني لأنه يوجد وجه زمني في عملية اتحاد ذرتي إيدروجين ، وفي العمليات الكيميائية والفروية ، ولا يجوز مع هذا أن نقول بوجود عقل في هذه الأحوال . وحينما تبتكر ألفاظ جديدة للتعبير عن هذين الوجهين فان هذه الألفاظ تقدم لنا أساس التركيب العلمي الذي أترقبه »

فيقول السيكولوجي «حسن وإني في قرارة نفسي ، كما فهمت منك ، قدري (٢) صميم مثلك ، وعلى الأقل في مواجهة مرضاي . ولقد كنت دائماً أضمن الصورة التي أرسمها للمريض نوعاً من الحث على الحياة يمكن أن يتأثر بشخصيتي . فاذا كان سلوك مريضي قد قدر حتماً فان الشروط التي تعين ما يحدث له تتضمن نوعاً من ميل داخلي للحياة ، وكذلك تتضمن هذا الميل جميع التأثيرات التي يحدثها فيه كل من يصادفه من الناس . ولكن إذا حاول أحدنا وضع قانون لهذا القدر المطلق المحتوم ، أو حاول تطبيقه على نفسه فانه يغوص في لجة عميقة . ولست أجد من الشجاعة

(١) يقول آرثر فندلاي رئيس المعهد الدولي للبحث الروحي بلندن في كتابه « على حافة العالم الاثيري » ما يأتي : « انه لا مادة حيث لا عقل ، وان الكون يمكن أن يختزل الى شيء واحد هو الذي نسميه العقل ولكن هل نستطيع أن نتصور العقل بدون شيء يؤثر فيه العقل ؟ انما نحن نقدر وجود العقل وهو يؤثر في المادة ، فالعقل والمادة لا بد أن يكونا متلازمين على الرغم من تباينهما — اذ أن أحدهما إيجابي والآخر سلبي . وعلى ذلك فالاسم الذي أطلقناه على الشيء الذي يتكون الكون منه ، وهو المادة ، لا بد أن يتضمن هاتين الحالتين الايجابية والسلبية . يجب أن يكون اثنينيًّا في طبيعته ، اذ أن الواحد بدون الآخر لا يمكن تصوره . وهكذا يرتبط العقل والمادة معاً ، ويستحيل عليك أن تفكر في أحدهما وهو بمعزل عن الآخر . وقد مر ذكر ذلك في الفصل الثالث

(٢) مذهب القدرية determinism هو مذهب تقييد الاختيار

ما يحفزني على هذه المحاولة . ويبدو لي أنك لابدَّ أن تكون صادقاً ، وإن يكن علم ذلك متروكاً لله الواحد المتعال »

فيجيبه الفزيقي «وهنا أتفق معك ما دام الواحد منا لا يمكنه في برهة أن يصحح وجهة نظره كلها في الحياة بدلالة هذه المعلومات العضوية الجديدة فذاك بلا نزاع عملٌ كبيرٌ جداً ، وأرجو أن أحاوله يوماً ما . ويدفعني لتصحيح هذه التقديرات أمران : أولهما أن أولئك الذين يجب عليهم قبل غيرهم أن يكونوا أكثر الناس وقوفاً على بواطن الأمور ماضون في صوغ قوانين أدبية أخلاقية تجمع ما بلغته دراياتهم ومعلوماتهم . ولكننا نعلم مبلغ عمق تأثير سني الطفولة الخمس الأولى في حياة الطفل ، ولذا فان هذه القوانين تكون رثة بالية لا تتم إلاَّ عن أن من يصوغها لم يتعلم بعد كيف يصل إلى إرضاء العاطفة وتهذيبها بوسائل أسلم وأصح . وربما أدى تحليل السلوك الانساني في حدود مذهب القدرية العضوية إلى ما يبرهن على أن الأحكام الأدبية التي تدين أي مذهب اجتماعي مثلاً أو أي أنواع الخطايا لن تكون منتجة ما لم يصحبها على الفور مثل إيجابي أو إيحاء إبداعي إبتكاري

« على أنه يوجد سبب آخر أكثر لفتاً للنظر من أجله أرغب في تقدير المعاني والقيم . فاذا كان مذهب القدرية العضوية صحيحاً فان الالهام الذي يوحي إلى الفنان أن يبدع ويبتكر نتيجة لزومية طبيعية لقانون عضوي ما . ومن ثمَّ يصح اعتبار الالهام الابتكاري المبدع القضاء المقدور على أناس دون آخرين ، وإن يكن هؤلاء كذرتي الايدروجين لا يعرفون إلى أي طريق هم مسوقون . ولكن مذهب القدرية العضوية يجعلنا نفهم لماذا كان غير مهم ألاَّ يعرف الفنان ما سيبتكره قبل أن يبتكر بالفعل . والظاهر أن جسمنا العضوي يكون في بعض الأمور أكيس منا وأحكم ، أو بالأحرى أكيس وأحكم من شعورنا النيء الفطير جداً . وحينما ننمي شعورنا ونرقيه باستكشاف القوانين العضوية التي تخضع لها الطبيعة البشرية فاننا قد نتمكن من جعل حياة الانسان أكثر حسناً وجمالاً »

الفصل العشرون

مستقبل العلوم

يؤدي بنا كل طريق علمي نسلكه الى سياحات سحرية في الماضي السحيق والمستقبل البعيد . وسواء كنا نصحب الرواد أو نتقفى أثرهم ولو الى مسافات قصيرة في الطرق التي يشقونها فاننا نجد أنفسنا مخاطبين بعوالم كبيرة وصغيرة . وسندعو انجدتنا ذلك الساحر العظيم ، ونقصد به العلم ، فيحملنا على بساطه السحري ، فنواصل أسفارنا ونحن في كن حجرتنا التي فيها وضعنا المجهر أو المنظار . لم يكن كولمبس آخر رجل قدر له ان يستكشف دنيا جديدة ، وسيجيء ذلك اليوم الذي يتسلق الرواد فيه أعلى جبل ، ويعرفون كل ركن من اركان الأرض ، ولكن ستبقى بعد ذلك قمم ومخاطرات اخرى كثيرة تنتظر اولئك الذين لا يزالون في ريعان الشباب . لقد بكى الاسكندر الاكبر لانه لم يجد دنا أخرى يغزوها ، ولكن رجل العلم لن يبكي ابداً لذلك السبب ، فهو يعرف ان امامه دنا كثيرة ، وكثيرة جداً ، عليه ان يرتادها ويستكشفها

من مقال بعنوان « بساط العلم » في كتاب « عجائب العلم »

لقد أوضحنا في الصفحات الماضية الطريقة التي قد تؤثر بها البحوث الفيزيقية الجارية في الآراء العلمية الخاصة بمسائل المادة والحياة والعقل . ولقد أسفر البحث عن أننا وقوف في ليل سينحسر صبحه عن تركيب علمي عميق تعينت فعلاً حدوده الرئيسية : والكل ماضون في ضبط هذه الآراء وسبكها لكي تتهيأ لكل من يهمه الأمر فرصة اختباره بنفسه بعض ما تنبأ به العلميون عن مستقبل الفكر العلمي . ولن يتضمن ما سنبسطه هنا أي إنباء بالمستقبل يكون خارقاً للطبيعة ، بل سيكون ما نبسطه مبنيًّا على اتجاهات هي فعلاً من لوازم فروع العلم المختلفة . وللسهولة قد وضعناها على صورة بيانات منفصلة عن مستقبل كل من الفيزيقا والبيولوجيا والسيكولوجيا

— ١ —

قبل سنة ١٩٤٥ سيصل علماء الفيزيقا إلى تبسيط النظرية الذرية تبسيطاً كبيراً يكون من جرائه الوصول إلى معرفة حقيقة عمليات الكم ، ونستطيع في الوقت الحاضر أن نعتبر جوف الذرة معقداً بدرجة كبيرة . أما البرهان على صحة هذه النهاية الظاهرية — إن لم تكن المطلقة —

التي وصلنا إليها في بناء الطبيعة الذري فسيكون قاصراً على إيجاد علاقات بسيطة تربط ثوابت البناء الذري المرموز لها بالرموز «ش» ، «ك» ، «كَ» ، « ح » ، « ه » (أي الشحنة الكهربائية والكتلة وكتلة البروتون وسرعة الضوء وثابت بلانك) . وهذه العلاقات معروفة فعلاً ولكنها معتبرة عديمة الدلالة والأهمية نظراً لأنه قد تغلبت عليها نظرية الأبعاد الكهربائية المقبولة لدى العلماء

ومع ذلك فهذه المجموعة العددية ليست مبنية على المشاهدة المباشرة ، ولكن أهمية هذه العلاقات ستتضح بسرعة من التجارب التي يكون الغرض منها تعيين السرعة الالكترونية في مسار منحن تعييناً مباشراً . وستكون السرعة الالكترونية المحسوبة من تجارب الانحراف غير مطابقة لتلك المحسوبة مباشرة والتي قدرت بكذا سنتيمترات في الثانية . وأما في حالة المسارات الالكترونية المستقيمة فستكون السرعة المقيسة مساوية دائماً لسرعة الضوء ، وإن يكن هذا لا يهم كثيراً ما دامت سرعة الضوء في إتجاه واحد لم تقس قط

وبدلاً من المجموعة النيوتونية القابلة للانقلاب ستوضع مجموعة آراء فيزيقية جديدة تلائم العمليات غير القابلة للانقلاب ، وذلك سيكون نتيجة لدراسة مسارات الاشعاع الفردي كما في انعكاس إلكترونات بالبلورات مثلاً . ويحتمل أن يؤسس النظام الجديد على اعتبار أن الذرة بأفلاكها الالكترونية المشعة ساعة طبيعية لا نستخدمها فقط في قياس الفترات الزمنية وتعيين المتساوي منها ، بل سنجد فيها أيضاً نموذجاً تشخصياً موضوعياً للماضي والمستقبل . ولكي يكون هذا الرأي ، أو بعضه على الأقل ، صالحاً للاختبار التجريبي يوضع التعريف الآتي : « الفترة الزمنية التي تفصل ما بين أي اثنين من الحوادث النقطية الواقعة على أي مسار إلكتروني ليست إلا دلالة بسيطة لطول جزء المسار بين النقطتين ولتقوسه » وهذا التعريف يخالف تفسير النظرية الالكترونية الحالي في نقطة لم تتعرض بعد للاختبار التجريبي

وستجمع الآراء التي ستبنى على أساس تجارب السرعة الالكترونية حقائق الاتحاد الكيميائي والعمليات الفروية في نظرية بسيطة واحدة ، لأن هذه تتوقف على التأثيرات غير القابلة للانقلاب المتعلقة بالاشعاع والالكترونات ، وهي لذلك ستكون طيعة في معالجتها بالآراء الجديدة لنفس السبب الذي أبعدها عن متناول القوانين النيوتونية

— ٢ —

ونتيجة لتغير الآراء الفيزيقية ستكف البيولوجيا عن المضي في وضع حد معين للتفرقة بين المجموعات الحية وغير الحية . وسيتبين العلماء أن سمات الحياة تظهر لهم متدرجة إذا هم تدرجوا مع السلسلة الآتية وهي الذرة فالجزيء فالفروي فالبروتوبلازم فالخلية فما بعد ذلك من المراحل

إلى الحيوانات الثدية حتى الانسان . وفي كل قسم من الكائنات الحية ستكتشف عملية مركزية ضابطة ، وتصاغ لها قوانين محكمة بدلالة العمليات الكهربائية الكيميائية غير القابلة للانقلاب . أما العملية التي تمثل في كل كائن حي عامل التضامن العضوي والتي هي حياة الكائن باعتباره وحدة فسيعبر عنها بدلالة كمية يرمز لها بالحرف (ع) مثلاً . وهذه الكمية (ع) باستمرار تزايدها يبقى الكائن حيًّا ، فاذا ما سكنت فارق الحياة . ومعدل زيادة (ع) يدل على سرعة انتظام الكائن أو على شدة الحياة لديه . فكأنما الحياة سرعة متزايدة منتظمة التغير عجلتها (ع) هذه وفي الحالات البسيطة قد تتناسب (ع) تناسباً طرديًّا مع مقدار ما يأخذه الكائن الحي من طعام أو أكسيجين . ولما كان التنفس والتمثيل غير قابلين للانقلاب كذلك تكون (ع) غير قابلة للانقلاب . ولا بد لها إذن من المضي في التزايد ، وإلاّ فانها تكف عن أن تمثل أية كمية في الطبيعة . وبمجرد وقوف تزايدها تقف العملية المقابلة لها وتمحي آثارها

وسيعرف العلماء قبل سنة ١٩٥٠ أهم العوامل التي تؤثر في دالة الحياة (ع) ، وهي العوامل التي تؤثر في العملية المركزية الضابطة في أي كائن حي ، وتكون نتيجتها ألاّ توقف فقط بعض الثورات الموضعية كالسرطان مثلاً بل تمتنع بتاتاً . وستستكشف وسائل غير ضارة لزيادة معدل تغير (ع) أي لزيادة الوثوب الحيوي لدى الكائن الحي ، فتقل مثلاً مدة الحمل حتى تصل إلى نهايتها الصغرى الطبيعية . وإذا كان الحمل يستغرق في أيامنا هذه زمناً ما طويلاً فهذا لأن جسم المرأة صار متعباً منهوكاً ، أو لأنه تسمم جزئيًّا بسبب نسق معيشتها . فبرفع حيويتها في اللحظة المناسبة ينتظر أن تسير العملية بسرعتها الطبيعية . ولا بد أن تكون هناك نهاية صغرى للزمن اللازم للعملية لأن عدداً كبيراً من العمليات العضوية المعقدة يتم بترتيب خاص . ويحتمل أن يكون هذا الزمن أقصر كثيراً من الزمن الذي تستغرقه كثيرات من النساء

ومعلوم أن التوالد المندلي (نسبةً إلى Mendel) الذي يبين الوراثة يرجع إلى تكشف عمليات خاصة في الكائن الحي . فمتى ما أمكن ضبط سرعة انتظام الحياة ، أو معدل زيادة الدالة (ع) في أي كائن حي أو في أية مجموعة من الخلايا داخل الكائن الحي نكون قد وصلنا إلى طريقة جديدة لبحث موضوع الوراثة العملي . ومن الجائز أن يتغلب على الضعف الوراثي أو المرض الوراثي بتعجيل أو إعاقة حركة تكشف جسم الانسان في لحظة ما ، ما بين حدوث الحمل وسن البلوغ

وسيكون تجديد الشباب مأموناً ونافعاً ، ولكن لا كوسيلة لمحاولة الخلود والتغلب على الموت وسيعتبر من الوجهة الاجتماعية قانونيًّا حينما يباشر فقط في حالة الشيخوخة التي تصيب البعض قبل الأوان بسبب الكبح أو الكبت أو المرض أو الهم أو القلق . وليس معنى محو الأمراض المعروفة بوسائل بيولوجية صحيحة أن تظهر أمراض أخرى أفتك من سابقتها . إن علم الحياة

النظري سيلم بحقيقة الأمراض كلها ، وان يكون منه لأحدها سبباً في ظهور غيره . وان تجهز بعد ذلك حملات صحية لمقاومة الانفلونزا مثلاً أو أي مرض آخر ، بل سيعين هذا العلم الصحيح الحالات التي لايمكن لأي مرض فيها أن يظهر وينتشر، وبذلك تمحي بالتدريج جميع الأمراض العضوية التي تهاجم جسم الانسان

وهذا أيضاً ليس معناه الحصول على نظام صحي خيالي تتكامل فيه الحياة من تلقاء نفسها بل معناه أن السرطان والزهري مثلاً سينعدمان ، لا لأن أمراضاً أخرى ستحل محلهما بل نتيجة للزيادة من ثمَّ في حساسية المخ . أما عمل المائة سنة التالية فسيكون شاقاً لأنه سيختص بحفظ عقل الجنس سليماً رصيناً خلال مدة الحساسية المتقلبة . إننا في طور انتقال عنيف التقلب ، شديد القسوة المقرونة بالرحمة ، طور يحب الحرية ويعوزه النظام ، طور ذي ديانات وحروب عاطفية ولكن ينبغي علينا أن نتوقع منه أن يصل بنا إلى نسق من الحياة يكون ذا استقرار داخلي أشد وأمتن

— ٣ —

أما السيكولوجيا فمشغولة الآن بكشف أن استجابة الانسان للادراكات الحسية ليست تزايدية ، أي كشف أن التأثير الحادث من مجموعة أصوات أو ألوان يتوقف على كيفية ترتيبها في الفضاء والزمن (نظرية جستالت Gestalt) فمثلا التأثير الحادث في شخص عند سماعه نغم النشيد الوطني يعزف على غير ترتيبه الصحيح يكون عديم المفعول ، ولا تكون له أدنى علاقة باستجابة الشخص عندما يسمع النشيد يعزف في اجتماع ما أو في أحد الملاهي فيذكره بالقومية والعزة الوطنية وبالحرب. وحتى اليوم لم يعثر على طريقة عامية تبين لنا متى يصح أن تعالج طائفة من العناصر باعتبار أنها « كل » في أغراض السيكولوجيا. والمتوقع أن يكون النجاح عظيماً في هذا الصدد

إن معظم الآراء العلمية مؤسسة على طريقة التحليل الفضائي ، أي إختزال الشيء إلى أصغر عناصره الفضائية كلما أمكن ذلك الاختزال . والفزيقا والبيولوجيا والسيكولوجيا يعوزها ثلاثتها الاستعداد لوصف ما يجعل الذرة أو الكائن الحي أو النموذج يعمل كوحدة ، وينقصها كذلك أن تبين لنا كيف يتسنى لنا أن نعرف هل مجموعة ما تؤلف وحدة أم لا . إن الطريقة التحليلية قد بلغت منتهى رقيها . أما طريقة التركيب فلم تبلغ شيئاً، بل إننا لا نجد فيها حتى الأساس اللازم للمعالجة التركيبية وقد أدى هذا ببعض العنيدين من العلماء الماديين أن يجزموا بأنهُ لا يوجد شيء اسمه « تركيب » وبأن هذا رأي صوفي من بقايا الوثنية الأولى التي كانت تصور الاله بشراً . على أن مسألة التركيب هذه واضحة يفهمها أي عقل غير مغرض رائده البحث عن الحقيقة على الرغم من عدم صوغ قانون صحيح لذلك

وهنا تستطيع الفيزيقا الحديثة أن تنير لنا الطريق ولو قليلاً . فالتحليل هو الطريقة التي تلزم عند التنقيب عن بناء فضائي عارض ، وأما الطريقة التركيبية التي نحتاج إليها فيجب أن تتناول تاريخ المجموعات وسلوكها الموقوتين . وأما كون الانسان يرد على التأثيرات كما في حالة سماعه بعض الأغاني فدليل على وجود شيء في تاريخه ، وهو سماعه هذه الأغاني غير مرة في حالات انفعالية خاصة . على أن وحدة أي تركيب ، أو أي كل ، أو أي كائن حي ليست أمراً عارضاً يمكن توضيحه بدلالة البناء والانشاء ، لأننا نستطيع أن نتبين هذه الوحدة من مجرد المشاهدة المتواصلة خلال فترة زمنية ما . وتستطيع الفيزيقا أن تبتكر قانوناً يصف اقتراب ذرتي إيدروجين لكي تكونا معاً جزيئاً ، وهي بذلك تعتبر الاثنتين وحدة ، وفي هذا ما يشير إلى أن حقيقة الوحدة العضوية يمكن أن يوضع لها تعريف وأن يعبر عنها بدلالة قانون غير قابل للانقلاب تخضع له المجموعة كلها ، وعلى ذلك فطائفة الذرات أو الخلايا أو أي العناصر الأخرى تسمى وحدة حينما (وفقط حينما) يعثر على قانون واحد غير قابل للانقلاب يفسر مسلك العناصر المختلفة بأنه تعاون للوصول إلى نهاية واحدة مشتركة كتكوين الجزيء في حالة ذرتي الايدروجين

بعد هذا نستطيع أن نحدد عمليًّا مستقبل السيكولوجيا التي هي في أشد الحاجة إلى قاعدة أدبية تشرف عليها عندما تعالج شخصية الانسان المفككة ، وعلى مقتضى مثال الذرتين يصح اعتبار الانسان وحدة حينما يبدي مسلكه الكلي تضامناً متواصلاً بين أعضائه قصد الوصول إلى نهاية ما . ولكن يوجد فرق مهم بين الحالتين : فالذرتان تسيران صوب نهاية معلومة لدينا لأنها وقعت غير مرة في التاريخ ، على حين أن تكشف الانسان ابتكاري ، بمعنى أنه يسير صوب نهاية لا يمكن معرفتها أو استنتاجها أو التنبؤ بها قبل أن تظهر هي فعلاً في الوجود . وعلى ذلك فلا ضير على الأب أو على السيكولوجي إذا لم يستطع الأول أن يفهم الغرض الذي يرمي إليه ولده ، ولم يستطع الثاني أن يدرك ما سينتهي إليه موضوعه . ومادام يوجد في تأدية الوظيفة شيء من التوافق والتناسق فان « النهاية » يمكن تركها للطبيعة تبحث عنها . لأن مثل هذا التناسق معناه أن الكائن الحي يتجه صوب حالة قصوى نهائية

فعلى علماء السيكولوجيا في المستقبل من ثمَّ أن يكون قصدهم الصحيح استبقاء وتجديد التضامن المتزن بين جميع الوظائف في جسم الانسان ، وألا يعيروا المثل السامية القصوى الذهنية أو الروحية كل اهتمامهم . وبالطبع إذا كان الشخص الجاري فحصه يميل ظاهره إلى حالة انحطاط يعرفها الفاحص لأنها ليست أمراً جديداً بل تكراراً لما حدث لكثيرين من قبل ، فان هذا الميل يمكن أن يوقف ويغير ، وهو على الأقل يمكن تغييره إذا استطاع الفاحص أن

يكشف ببصيرته الملهمة الفطاء عن علامات الصراع المكظوم الذي يدل على أن هذا الميل المباشر ليس كلاً قائماً بذاته ، بل أساسه زهد شديد وكبت للشهوات وكظم لأعمق أنواع التوقان . فاذا ما أرضيت هذه الرغبات المكظومة فقد يمكن أن يوقف هذا الميل إلى الانحطاط . ولكن هذه الرقابة التي يصح بسطها على حياة الغير يمكن فقط أن تمارس ممارسة منتجة عن طريق أن الميول الظاهرة ليست كلاً في ذاتها

***

لن يكون التنبؤ بالغيب أبداً أمراً علمياً ، بل ربما كان تدبر العواقب في حدود العلم أخطر صيغ الوثب الذهني . فالعلم لا بد أن يكون باتاً صادقاً ، وكل حدس مبهم غامض مناف للعلم بل هو عدوه . ولكن التنبؤ يستطيع اليوم أن يلفت الأنظار الى ما يلصق بالفكر العلمي الحاضر من تحديدات لا يبررها مبرر ، وأن يدعو الباحثين في المادة والحياة إلى أن يتعاونوا معاً لكي يستكشفوا القانون الطبيعي الوحيد الذي يسيطر على كل من المادة والحياة . وستكون جائزة ذلك عظيمة بلا شك

أما عدم الاكتراث بإبادة الحياة ، وهو ما امتازت به السنون الأخيرة فلا يصح أن يثير دهشة أو يبعث يأساً في زمن فشا فيه خليط من العقائد الصالحة والطالحة ، واقترن ذلك بعلم معنوي تجريدي يبحث في المادة . ولا يستطيع أن يقود الانسانية إلى حياة أرفه وأرقى بعدئذ إلاّ شيء واحد هو معرفة الحياة وقدرُها قدرَها . وهذا الشيء لا ينهض به إلاّ العلم والفن ، لأن هذين معاً يكشفان لنا الحياة في جميع صيغها الخطيرة العظيمة . غير أن جذور الفن الضاربة في الأعماق قد أتلفها طغيان العلم الذي لم يكن قد تبين خطر الحياة وأهميتها وقد خضعت لسلطان قانون طبيعي . وذلك لأن الفن لا يمكن أن ينهض إلاّ من احترام الحياة أبلغ احترام ، تلك الحياة التي بدت إزاء الحالة العلمية في هذه الفترة كأنها حركة غير مقيدة تصارع قوانين المادة صراعاً مستمراً

والفيزيقا تدرس الضوء الآن . فالضوء بتأثيره الاشعاعي ينعش الحياة ، ويكوّن في داخل الجسم نسيج الشعور . ونحن كائنات حية تعي وتدرك ، ولكن وعينا وادراكنا هذين غير ناضجين لأننا لم نصل بعد إلى معرفة القوانين التي تخضع لها حياتنا ويخضع لها تفكيرنا . ومع ذلك فقد صار محققاً أن الضوء والحياة والشعور مرتبطة كلها معاً بقانون ما لم يستكشف بعد. ومن الغريب أن سر كيمياء الطبيعة مخبوء في داخل جسومنا وبكشف هذا السر الغامض ستوجد الفيزيقا للانسان مجالاً جديداً لآمال وأمانيّ جديدة

— ١ —

جدول الثوابت الذرية

لكي نتجنب كثرة الأصفار كتبت الاعداد على صورة قوى ١٠ فمثلاً $١٠^{١٢}$ معناها واحد صحيح متبوع من جهة اليمين بأصفار عددها ١٢ (أي بليون) و $١٠^{-١٢}$ معناها واحد صحيح مقسوم على $١٠^{١٢}$ أي جزء من بليون

كتلة الالكترون (وهو في حالة سكون) = ٩و٠٤ × $١٠^{-٢٨}$ جم .

كتلة البروتون أو ذرة الايدروجين = ١و٦٦ × $١٠^{-٢٤}$ جم .

عدد الذرات الموجودة في قمحة grain من الحديد = ١و٨٧ × $١٠^{٢٣}$

قطر ذرة الايدروجين = ١و٠٧ × $١٠^{-٨}$ سم .

الشحنة الكهربائية التي تساوي بروتوناً أو إلكتروناً = ١و٥٥ × $١٠^{-١٩}$ كولوم .

سرعة الضوء في الثانية = ٣ × $١٠^{١٠}$ سم .

أو ١٨٦٠٠٠ ميل

— ٢ —

جدول العناصر

وبه تفصيلات البناء الذري

الترتيب	الاسم		البروتونات	الإلكترونات الخارجية
١	إيدروجين	Hydrogen	١	١
٢	هليوم	Helium	٤	٢
٣	ليثيوم	Lithium	٦ أو ٧	٢ ، ١
٤	بريليوم	Beryllium	٩	٢ ، ٢
٥	بورون	Boron	١٠ أو ١١	٢ ، ٣
٦	كربون	Carbon	١٢	٢ ، ٤
٧	نتروجين	Nitrogen	١٤	٢ ، ٥
٨	أكسيجين	Oxygen	١٦	٢ ، ٦
٩	فلور	Fluorine	١٩	٢ ، ٧
١٠	نيون	Neon	٢٠ أو ٢٢	٢ ، ٨
١١	صوديوم	Sodium	٢٣	٢ ، ٨ ، ١
١٢	مغنسيوم	Magnesium	٢٤ ، ٢٥ ، ٢٦	٢ ، ٨ ، ٢
١٣	ألومنيوم	Aluminium	٢٧	٢ ، ٨ ، ٣
١٤	سلكون	Silicon	٢٨ ، ٢٩ ، ٣٠	٢ ، ٨ ، ٤
١٥	فسفور	Phosphorus	٣١	٢ ، ٨ ، ٥
١٦	كبريت	Sulphur	٣٢ ، ٣٣ ، ٣٤	٢ ، ٨ ، ٦
١٧	كلور	Chlorine	٣٥ ، ٣٧	٢ ، ٨ ، ٧
١٨	أرجون	Argon	٣٦ ، ٤٠	٢ ، ٨ ، ٨

الترتيب	الاسم		البروتونات	الالكترونات الخارجية
١٩	بوتاسيوم	Potassium	٣٩، ٤١	٢، ٨، ٨، ١
٢٠	كلسيوم	Calcium	٤٠، ٤٤	٢، ٨، ٨، ٢
٢١	سكنديوم	Scandium	٤٥	٢، ٨، ٩، ٢
٢٢	تيتانيوم	Titanium	٤٨	٢، ٨، ١٠، ٢
٢٣	واناديوم	Vanadium	٥١	٢، ٨، ١١، ٢
٢٤	كروميوم	Chromium	٥٢	٢، ٨، ١٣، ١
٢٥	منجنيز	Manganese	٥٥	٢، ٨، ١٣، ٢
٢٦	حديد	Iron	٥٤، ٥٦	٢، ٨، ١٤، ٢
٢٧	كوبلت	Cobalt	٥٩	٢، ٨، ١٥، ٢
٢٨	نيكل	Nickel	٥٨، ٦٠	٢، ٨، ١٦، ٢
٢٩	نحاس	Copper	٦٣، ٦٥	٢، ٨، ١٨، ١
٣٠	خارصين	Zinc	٦٤، ٦٦، ٦٨، ٧٠	» ٢
٣١	جاليوم	Gallium	٦٩، ٧١	» ٣
٣٢	جرمانيوم	Germanium	٧٠، ٧٢، ٧٤	» ٤
٣٣	زرنيخ	Arsenic	٧٥	» ٥
٣٤	سلينيوم	Selenium	٧٤ — ٨٢	» ٦
٣٥	بروم	Bromine	٧٩، ٨١	» ٧
٣٦	كربتون	Krypton	٧٨ — ٨٦	» ٨
٣٧	روبديوم	Rubidium	٨٥، ٨٧	٢، ٨، ١٨، ٨، ١
٣٨	سترونتيوم	Strontium	٨٦، ٨٨	» ٨، ٢
٣٩	إتريوم	Yttrium	٨٩	» ٩، ٢
٤٠	زركونيوم	Zirconium	٩٠، ٩٢، ٩٤	» ١٠، ٢
٤١	نيوبيوم	Niobium	٩٣ (؟)	» ١٢، ١
٤٢	موليبدينم	Molybdenum	٩٦	» ١٣، ١
٤٣	ماسوريوم	Masurium	(؟)	» ١٤، ١
٤٤	روثنيوم	Ruthenium	١٠٢ (؟)	» ١٥، ١
٤٥	روديوم	Rhodium	١٠٣ (؟)	» ١٦، ١
٤٦	بالاديوم	Palladium	١٠٧ (؟)	» ١٨

الترتيب	الاسم		البروتونات	الالكترونات الخارجية
٤٧	فضة	Silver	١٠٧ ، ١٠٩ .	٢ ، ٨ ، ١٨ ، ١٨ ، ١
٤٨	كدميوم	Cadmium	١١٠ — ١١٦	» ٢
٤٩	انديوم	Indium	١١٥	» ٣
٥٠	قصدير	Tin	١١٦ — ١٢٤	» ٤
٥١	انتيمون	Antimony	١٢١ ، ١٢٣	» ٥
٥٢	تلوريوم	Tellurium	١٢٦ ، ١٢٨ ، ١٣٠	» ٦
٥٣	يود	Iodine	١٢٧	» ٧
٥٤	زينون	Xenon	١٢٨ — ١٣٦	» ٨
٥٥	سيزيوم	Caesium	١٣٣	٢ ، ٨ ، ١٨ ، ١٨ ، ٨ ، ١
٥٦	باريوم	Barium	١٣٨	» ٨ ، ٢
٥٧	لانثانوم	Lanthanum	١٣٩	» ٩ ، ٢
٥٨	سريوم	Cerium	١٤٠ ، ١٤٢	٢ ، ٨ ، ١٨ ، ١٩ ، ٩ ، ٢
٥٩	براسودنيوم	Praseodynium	١٤١	» ٢٠ ، ٩ ، ٢
٦٠	نيودنيوم	Neodynium	١٤٢ ، ١٤٤ ، ١٤٦	» ٢١ ، ٩ ، ٢
٦١	الينيوم	Illinium	؟	» ٢٢ ، ٩ ، ٢
٦٢	سماريوم	Samarium	١٥٠ (؟)	» ٢٣ ، ٩ ، ٢
٦٣	يوربيوم	Europium	١٥٢ (؟)	» ٢٤ ، ٩ ، ٢
٦٤	جادولينيوم	Gadolinium	١٥٧ (؟)	» ٢٥ ، ٩ ، ٢
٦٥	تربيوم	Terbium	١٥٩ (؟)	» ٢٦ ، ٩ ، ٢
٦٦	دسبروزيوم	Dysprosium	١٦٢ (؟)	» ٢٧ ، ٩ ، ٢
٦٧	هوليوم	Holmium	١٦٣ (؟)	» ٢٨ ، ٩ ، ٢
٦٨	إربيوم	Erbium	١٦٤ إلى ١٧٦	» ٢٩ ، ٩ ، ٢
٦٩	ثوليوم	Thulium	١٦٨ (؟)	» ٣٠ ، ٩ ، ٢
٧٠	إتربيوم	Ytterbium	١٧٣ (؟)	» ٣١ ، ٩ ، ٢
٧١	لوتسيوم	Lutecium	١٧٥ (؟)	» ٣٢ ، ٩ ، ٢

الترتيب	الاسم		البروتونات	الالكترونات الخارجية
٧٢	هافنيوم	Hafnium	١٧٨	٢ ، ٨ ، ١٨ ، ٣٢ ، ١٠ ، ٢
٧٣	تنتالوم	Tantalum	١٨١ (؟)	» ١١ ، ٢
٧٤	تونجستن	Tungsten	١٨٤	» ١٢ ، ٢
٧٥	رينيوم	Rhenium	؟	» ١٣ ، ٢
٧٦	أوزميوم	Osmium	١٩١ (؟)	» ١٤ ، ٢
٧٧	إيريديوم	Iridium	١٩٣ (؟)	» ١٥ ، ٢
٧٨	بلاتين	Platinum	١٩٥ (؟)	» ١٦ ، ٢
٧٩	ذهب	Gold	١٩٧ (؟)	» ١٧ ، ٢
٨٠	زئبق	Mercury	١٩٨ — ٢٠٤	» ١٨ ، ٢
٨١	ثاليوم	Thallium	٢٠٤	٢،٨،١٨،٣٢،١٨،٣
٨٢	رصاص	Lead	٢٠٧ (؟)	» ٤
٨٣	بزموت	Bismuth	٢٠٩	» ٥
٨٤	بولونيوم	Polonium	٢١٠	» ٦
٨٥	لم يستكشف بعد			» ٧
٨٦	رادون	Radon	٢٢٢	» ٨
٨٧	لم يستكشف بعد			٢،٨، ١٨ ، ٣٢، ١٨،٨ ، ١
٨٨	راديوم	Radium	٢٢٦	» ٨ ، ٢
٨٩	اكتنيوم	Actinium	٢٢٧	» ٩ ، ٢
٩٠	ثوريوم	Thorium	٢٣٢ (؟)	» ١٠ ، ٢
٩١	بروتواكتنيوم	Protoactinium	٢٣٠	» ١١ ، ٢
٩٢	أورانيوم	Uranium	٢٣٨	» ١٢ ، ٢

— ٣ —

جدول النظائر

للعلامة أستن الألماني

(النظير الأكثر وجوداً في العنصر ذكر وزنه الذري أولاً فالذي يليه في الكثرة ثانياً وهكذا)

الترتيب	الاسم	عدد النظائر	الأوزان الذرية للنظائر
٣	ليثيوم	٢	٧ — ٦
٥	بورون	٢	١١ — ١٠
١٠	نيون	٣	٢٠ — ٢٢ — ٢١
١٢	مغنسيوم	٣	٢٤ — ٢٥ — ٢٦
١٤	سلكون	٣	٢٨ — ٢٩ — ٣٠
١٦	كبريت	٣	٣٢ — ٣٤ — ٣٣
١٧	كلور	٢	٣٥ — ٣٧
١٨	أرجون	٢	٤٠ — ٣٦
١٩	بوتاسيوم	٢	٣٩ — ٤١
٢٠	كلسيوم	٢	٤٠ — ٤٤
٢٦	حديد	٢	٥٤ — ٥٦
٢٨	نيكل	٢	٥٨ — ٦٠
٢٩	نحاس	٢	٦٣ — ٦٥
٣٠	خارصين	٦	٦٤ — ٦٦ — ٦٨ — ٦٧ — ٦٥ — ٧٠
٣١	جاليوم	٢	٦٩ — ٧١
٣٢	جرمانيوم	٨	٧٤ — ٧٢ — ٧٠ — ٧٣ — ٧٥ — ٧٦ — ٧١ — ٧٧
٣٤	سلينيوم	٦	٨٠ — ٧٨ — ٧٦ — ٨٢ — ٧٧ — ٧٤
٣٥	بروم	٢	٧٥ — ٨١
٣٦	كربتون	٦	٨٤ — ٨٦ — ٨٢ — ٨٣ — ٨٠ — ٧٨
٣٧	روبديوم	٢	٨٥ — ٨٧

الترتيب	الاسم	عدد النظائر	الأوزان الذرية للنظائر
٣٨	سترونتيوم	٢	٨٨ — ٨٦
٤٠	زركونيوم	٣	٩٠ — ٩٢ — ٩٤
٤٧	فضة	٢	١٠٧ — ١٠٩
٤٨	كدميوم	٦	١١٤ — ١١٢ — ١١٠ — ١١٣ — ١١١ — ١١٦
٥٠	قصدير	١١	١٢٠ـ١١٨ـ١١٦ـ١٢٤ـ١١٩ـ١١٧ـ١٢٢ـ١٢١ـ١١٢ـ١١٤ـ١١٥
٥١	أنتيمون	٢	١٢١ — ١٢٣
٥٢	تلوريوم	٣	١٢٨ — ١٣٠ — ١٢٦
٥٤	زينون	٩	١٢٩-١٣٢-١٣١-١٣٤-١٣٦-١٢٨-١٣٠-١٢٦-١٢٤
٥٨	سريوم	٢	١٤٠ — ١٤٢
٦٠	نيودنيوم	٣	١٤٢ — ١٤٤ — ١٤٦
٨٠	زئبق	٧	٢٠٢ — ٢٠٠ — ١٩٩ — ١٩٨ — ٢٠١ — ٢٠٤ — ١٩٦
٨٢	رصاص	٣	٢٠٨ — ٢٠٦ — ٢٠٧

— ٤ —

جدول النظائر

للعلامة ماكس بورن الالماني

النظائر الأكثر وجوداً في العنصر ذكرت أوزانها الذرية أولاً فالذي يليها في الكثرة ثانياً وهكذا وقد وضعت النظائر المشعة بين أقواس . أما النظائر المشعة المستحدثة صناعيًّا فلم تذكر في هذا الجدول

الترتيب	الاسم	عدد النظائر	الأوزان الذرية للنظائر
١	ايدروجين	٣	١، ٢، ٣
٢	هليوم	٢	٤، ٣
٣	ليثيوم	٢	٧، ٦
٤	بريليوم	١	٩
٥	بورون	٢	١١، ١٠
٦	كربون	٢	١٢، ١٣
٧	نتروجين	٢	١٤، ١٥
٨	اكسيجين	٣	١٦، ١٨، ١٧
٩	فلور	١	١٩
١٠	نيون	٣	٢٠، ٢٢، ٢١
١١	صوديوم	١	٢٣
١٢	مغنسيوم	٣	٢٤، ٢٥، ٢٦
١٣	ألومنيوم	١	٢٧
١٤	سلكون	٣	٢٨، ٢٩، ٣٠
١٥	فسفور	١	٣١
١٦	كبريت	٣	٣٢، ٣٤، ٣٣
١٧	كلور	٢	٣٥، ٣٧
١٨	ارجون	٣	٤٠، ٣٦، ٣٨

الترتيب	الاسم	عدد النظائر	الأوزان الذرية للنظائر
١٩	بوتاسيوم	٢	٤١،٣٩
٢٠	كالسيوم	٤	٤٣،٤٢،٤٤،٤٠
٢١	سكنديوم	١	٤٥
٢٢	تيتانيوم	٥	٤٩،٤٧،٤٦،٥٠،٤٨
٢٣	واناديوم	١	٥١
٢٤	كروميوم	٤	٥٤،٥٠،٥٣،٥٢
٢٥	منجنيز	١	٥٥
٢٦	حديد	٣	٥٧،٥٤،٥٦
٢٧	كوبلت	١	٥٩
٢٨	نيكل	٦	(؟)٦٤،(؟)٥٦،٦١،٦٢،٦٠،٥٨
٢٩	نحاس	٢	٦٥،٦٣
٣٠	خارصين	٥	٧٠،٦٧،٦٨،٦٦،٦٤
٣١	جاليوم	٢	٧١،٦٩
٣٢	جرمانيوم	٥	٧٦،٧٣،٧٠،٧٢،٧٤
٣٣	زرنيخ	١	٧٥
٣٤	سلينيوم	٦	٧٤،٧٧،٨٢،٧٦،٧٨،٨٠
٣٥	بروم	٢	٨١،٧٩
٣٦	كربتون	٦	٧٨،٨٠،٨٣،٨٢،٨٦،٨٤
٣٧	روبديوم	٢	(٨٧) ،٨٥
٣٨	سترونتيوم	٣	٨٧،٨٦،٨٨
٣٩	إتريوم	١	٨٩
٤٠	زركونيوم	٥	٩١،٩٦،٩٢،٩٤،٩٠
٤١	نيوبيوم	١	٩٣
٤٢	موليبدينم	٧	٩٧،١٠٠،٩٤،٩٢،٩٥،٩٦،٩٨
٤٣	ماسوريوم	صفر	
٤٤	روثنيوم	٧	(؟) ٩٨،٩٦،٩٩،١٠٠،١٠٤،١٠١،١٠٢

الترتيب	الاسم	عدد النظائر	الأوزان الذرية للنظائر
٤٥	روديوم	١	١٠٣
٤٦	بالاديوم	صفر	
٤٧	فضة	٢	١٠٧،١٠٩
٤٨	كدميوم	٩	١١٤،١١٢،١١٠،١١٣،١١١،١١٦،١٠٦،١٠٨،١١٥
٤٩	إنديوم	٢	١١٥،١١٣
٥٠	قصدير	١١	١١٥، ١١٤، ١١٢، ١٢١، ١٢٢، ١٢٤، ١١٧، ١١٩، ١١٦، ١١٨، ١٢٠
٥١	أنتيمون	٢	١٢١،١٢٣
٥٢	تلوريوم	٨	١٣٠،١٢٨،١٢٦،١٢٥،١٢٤،١٢٢،١٢٣،١٢٧،(؟)
٥٣	يود	١	١٢٧
٥٤	زينون	٩	١٢٩،١٣٢،١٣١،١٣٤،١٣٦،١٣٠،١٢٨،١٢٤،١٢٦
٥٥	سيزيوم	١	١٣٣
٥٦	باريوم	٤	١٣٨،١٣٥،١٣٦،١٣٧
٥٧	لانثانوم	١	١٣٩
٥٨	سريوم	٢	١٤٠،١٤٢
٥٩	براسودنيوم	١	١٤١
٦٠	نيودنيوم	٥	١٤٦،١٤٤،١٤٢،١٤٥،١٤٣
٦١	إلينيوم	صفر	
٦٢	ساماريوم	٧	١٤٤،١٤٧،١٤٨،١٤٩،١٥٠،١٥٢،١٥٤
٦٣	يوروبيوم	٢	١٥١،١٥٣
٦٤	جادولينيوم	٥	١٥٥،١٥٦،١٥٧،١٥٨،١٦٠
٦٥	تربيوم	١	١٥٩
٦٦	دسبروزيوم	٤	١٦١،١٦٢،١٦٣،١٦٤
٦٧	هولميوم	١	١٦٥
٦٨	إربيوم	٤	١٦٦،١٦٧،١٦٨،١٧٠
٦٩	ثوليوم	١	١٦٩
٧٠	إتربيوم	٥	١٧١،١٧٢،١٧٣،١٧٤،١٧٦

الترتيب	الاسم	عدد النظائر	الأوزان الذرية للنظائر
٧١	لوتيسيوم	١	١٧٥
٧٢	هافنيوم	٥	١٧٦، ١٧٨، ١٨٠، ١٧٧، ١٧٩
٧٣	تنتالوم	١	١٨١
٧٤	تونجستن	٤	١٨٤، ١٨٦، ١٨٢، ١٨٣
٧٥	رينيوم	٢	١٨٧، ١٨٥
٧٦	أوزميوم	٦	١٩٢، ١٩٠، ١٨٩، ١٨٨، ١٨٦، ١٨٧
٧٧	إيريديوم	صفر	
٧٨	بلاتين	صفر	
٧٩	ذهب	صفر	
٨٠	زئبق	٧	٢٠٢، ٢٠٠، ١٩٩، ٢٠١، ١٩٨، ٢٠٤، ١٩٦
٨١	تاليوم	٥	٢٠٥، ٢٠٣، (٢٠٧)، (٢٠٨)، (٢١٠)
٨٢	رصاص	١٢	٢٠٨، ٢٠٦، ٢٠٧، ٢٠٤، ٢٠٣، (؟) ٢٠٥، (؟) ٢٠٠ (؟)، ٢٠٩، (٢١٠)، (٢١١)، (٢١٢)، (٢١٤)
٨٣	بزموت	٥	٢٠٩، (٢١٠)، (٢١١)، (٢١٢)، (٢١٤)
٨٤	بولونيوم	٧	(٢١٠)، (٢١١)، (٢١٢)، (٢١٤)، (٢١٥)، (٢١٦)، (٢١٨)
٨٥	لم يستكشف بعد		
٨٦	رادون	٣	(٢٢٢)، (٢١٩)، (٢٢٠)
٨٧	لم يستكشف بعد		
٨٨	راديوم	٤	(٢٢٦)، (٢٢٣)، (٢٢٤)، (٢٢٨)
٨٩	أكتنيوم	٢	(٢٢٧)، (٢٢٨)
٩٠	ثوريوم	٥	(٢٣٢)، (٢٢٧)، (٢٢٨)، (٢٣٠)، (٢٣٤)
٩١	بروتوأكتنيوم	٢	(٢٣١)، (٢٣٤)
٩٢	أورانيوم	٢	(٢٣٨)، (٢٣٤)

من نظرة الى هذا الجدول يتضح ان العناصر الكيميائية كلها تكاد تكون خليطاً من النظائر وهذا هو السبب في أن كثيراً من الأوزان الذرية ليس أعداداً صحيحة . وقد بذلت بطبيعة الحال

جهود للحصول على النظائر نقية في حالة انفرادها، وقد أمكن فعلاً الحصول على هذه النظائر في كثير من الحالات. فمثلاً نظيرا الليثيوم اللذين وزناهما ٦ و ٧ يمكن فصلهما بانحراف أيوناتهما الموجبة انحرافاً كهرطيسياً. وفي حالة الزئبق حدث الانفصال لأن النظير الأثقل وزناً أبطأ تبخراً من الأخف. وكثير من الغازات يمكن فصل نظائرها بطريقة هرتز أي بتمريرها خلال مسام أسطوانات خزفية، فالذرة الأخف وزناً تسبق الأثقل في المروق من المسام وإذا ما تكررت العملية مرات كافية كان انفصال النظائر تاماً في الغالب.

وهذا مهم بالطبع لأننا اذا أردنا فحص النواة فحصاً دقيقاً وجب علينا أن نتأكد من أن لدينا نوعاً معيناً منها نجري تجاربنا عليه. ولكن نواتي نظيري البورون اللتين وزناهما ١٠ و ١١ كما هو مذكور في الجدول تختلفان الواحدة عن الأخرى كما تختلفان عن نواتي العنصر التالي وهو الكربون. ووزن نواتي الكربون ١٢ و ١٣. أما أنهما تحاطان بأسراب متطابقة من الالكترونات بسبب تساوي شحنتيهما فيتعذر من ثم التمييز بينهما فأمر قليل الأهمية من حيث النواة. وتكون الطباق الالكترونية بمثابة قناع تخفي مظهر النواة الحقيقي.

وبالعكس توجد قنع تؤكد الخلاف. فمثلاً للكلور نظير وزنه ٣٩ أي قدر وزن النظير الأساسي للبوتاسيوم. فأمثال هذه النويات تسمى نويات أيسوبارية isobaric أي متساوية الوزن فهي تشتمل على نفس عدد البروتونات ولكنها تختلف في عدد الالكترونات. ويوجد في هذا الجدول عدد من أمثال هذه الحالات

ذيل

يتضمن أحدث الكشوف الفيزيقية

هذه الكشوف خمسة : أولها تحطيم الذرة باطلاق أشعة البروتون عليها لا أشعة ألفا ، وقام بذلك كوككرفت Cockcroft ووالتن ، وثانيها كشف النيوترون neutron وقد قام به شادوك Shadwick ، وثالثها كشف البوزترون positron ، وقد قام به بلاكت Blackett وأوكياليني Occhialini . وقد ظهرت هذه الكشوف إثر تجارب أجريت في معمل كافندش بكمبردج ، ونشرت في مجلة نايتشر Nature وقد أحدث ظهورها رجة في عالم العلوم . ورابعها كشف الديوترون deuteron وقد قام به اوري Urey وبركويد Birckwedde ومورفي Murphy . وخامسها كشف الميزوترون Mesotron وقام به الدكتور كارل اندرسون Dr. Carl Anderson والدكتور سيث ندرماير Dr. Seth Neddermeyer

— ١ —

فأما كشف كوككرفت وزميله والتن فيرجع الفضل فيه إلى تأثير الاشعاع الصناعي . وكان رذرفورد قد سعى لتحطيم الذرة باطلاق جسيمات ألفا عليها . ويمكن تلخيص نتائج رذرفورد في المعادلة الآتية : —

نواة الذرة + جسيم ألفا = نواة ذرة أخرى + بروتون

وامتازت تجارب رذرفورد بأمرين (١) أن المقذوفات المحطمة للنواة كانت جسيمات ألفا ، (٢) وأن ما كان يفلت من النواة المحطمة هو البروتون . وهناك فرق أساسي بين هذا التحطيم الصناعي للنواة وبين تحطيمها الطبيعي عن طريق انحلالها الاشعاعي كما يحدث في العناصر المشعة من أمثال الراديوم . ففي أولها نحصل على بروتونات فقط ، وفي ثانيهما نحصل على جسيمات ألفا فقط . وإذن فتجارب كوككرفت وزميله والتن يمكن أن تعتبر مكملة لتجارب رذرفورد أو وجهاً ثانياً لها . وأما ما أسفرت عنه هذه التجارب فهو « أن الذرة التي تحطمها أشعة البروتون تطرد نواة هليوم » . فهذه التجارب إذن تحول المعادلة السابقة إلى المعادلة الآتية :

نواة الذرة + بروتون = نواة ذرة أخرى + جسيم ألفا

وبالموازنة بين هاتين المعادلتين نرى أن مجزئي طرفيهما قد تبادلا . فلنفصل هذه التجارب إذن تفصيلاً أوفى

إن الليثيوم كما نعلم هو العنصر الثالث في الخفة . ووزنه الذري المتوسط ٦٫٩٤ ، وأنه خليط من نظيرين وزناها الذريان ٦ و٧ ، والنظير الأكبر وزناً ذرياً يرجع الفضل في الظاهرة التي سنأتي على وصفها . ولا غرابة في ذلك فهذا النظير ، كما هو مذكور في جدول النظائر ، هو الأكثر وجوداً في العنصر . ويجب ألاّ ننسى أن الليثيوم أحد العناصر الخفيفة القليلة التي يمكنها أن تقاوم جسيمات ألفا إذا أطلقت عليها . وتحطيم الليثيوم باطلاق قذائف من الهليوم عليه لايمكن أن يسفر عن انبعاث أي بروتون ، فكأن طاقة المقذوفات المكونة من جسيمات ألفا صغيرة لا تستطيع أن تحطم نواة الليثيوم . ولكن إذا قذف الليثيوم بقذائف أخف وطاقة أقل (والقذائف البروتونية أقل طاقة في الحقيقة) فقد يكون لذلك أثر جديد غير متوقع

ويمكن الحصول على هذه القذائف البروتونية في المعمل بتجربة بسيطة تفقد فيها ذرة الايدروجين إلكترونها عن طريق الاصطدامات الالكترونية ، فلا يبقى منها إلاّ البروتون الذي يعرّض بعدئذ لفعل مجال كهربائي يزيد سرعته . ومن ثمّ يمكن الحصول على قذائف تكون أقوى طاقة كلما كان المجال الكهربائي أقوى . ففي التجارب التي نحن بصددها كانت طاقة هذه المقذوفات (بقطع النظر عن المجال الكهربائي الشديد الذي يزيد السرعة) صغيرة إذا هي ووزنت بالطاقة التي خصت بها الطبيعة أشعة ألفا . ولما أطلقت هذه القذائف البروتونية على الليثيوم وجد أن كل طلقة صائبة قد أحدثت تلفاً بالذرة ، لأن الاصابة سببت انطلاق جسيمين من جسيمات ألفا من نواة الليثيوم حاملين معهما قدراً عظيماً من الطاقة . فكيف نفسر إذن هذا التحويل الكيميائي ؟ نحن نعلم أن للعنصر الثالث في الترتيب الذري وهو الليثيوم نظيراً وزنه الذري ٧ ، وإذن يمكن أن نستنتج أن لنظير الليثيوم هذا نواة لها هذا التركيب : —

نواة الليثيوم = جسيم ألفا + ٣ بروتونات + إلكترونين

والواقع أن الترتيب الذري أو الرقم الذري هو ٢ + ٣ — ٢ = ٣ وأن الوزن الذري هو ٤ + ٣ = ٧ فاذا حطم الليثيوم بطلقات من البروتونات فان الطلق المحكم يصيب النواة ويستقر فيها ، فتتكوّن نواة جديدة . فما هو تركيب هذه النواة الجديدة إذن ؟ هو نفس التركيب السابق مضافاً إليه بروتون أي : —

جسيم ألفا + ٤ بروتونات + إلكترونين

ولكن ٤ بروتونات تكوّن معاً جسيم ألفا . ويمكن التعبير عن النتيجة النهائية هكذا : —

نواة الليثيوم + بروتون = جسمي ألفا

وإليك إذن تفسير تجارب كوككرفت ووالتن العظيمة : يمكن الحصول على ذرتي هليوم من ذرة ليثيوم ونواة إيدروجين !

وأمر الطاقة هنا في هذه الظاهرة يخلب العقل . ذلك أن جسيمي ألفا الحادثين سرعة عظيمة جداً . فالذي يتوقعه الباحث أن تكون طاقة حركة القذيفة البروتونية مساوية لطاقة اثنين من القذائف الهليومية الهاربة . ولكنه يصطدم هنا بنتيجة مدهشة : هي أن الطاقة الناتجة من هذا الاصطدام أكبر كثيراً من الطاقة الأصلية المسببة للانفجار . وإذن يمكن الحصول على قذائف هليومية طاقتها أكبر مائة مرة من طاقة القذيفة البروتونية التي سببت الانفجار . ولقد أدى تحطيم نواة الألومنيوم باطلاق جسيمات ألفا إلى القول بأن طاقة البروتون الهارب أكبر من طاقة القذيفة المحطمة . ولكن زيادة الطاقة هذه كانت صغيرة نسبيًّا . أما هنا فلدينا عملية تخرج لنا طاقة هائلة من جوف المادة . وما كانت قذيفة البروتون إلاّ الحلقة المفقودة التي نحتاج إليها في بناء نواة الهليوم . ونحن نعلم مما مرّ بنا أن تكوين نواة الهليوم يصحبه نقص في الكتلة ، فنقص من ثمّ في انبعاث الطاقة المجموعة . ولقد شاهدنا في هذه التجارب ذلك الخلق أو ذلك التكوين . إن جزءاً صغيراً من كتلة نواة الليثيوم قد استحال طاقة حركة في نويّ الهليوم . فهذا النقص في الكتلة يضمن استقرار المجموعة المتكونة ، وعلى ذلك فان استحالة المجموعة الجديدة ليثيوماً من جديد تستلزم طاقة أكبر كثيراً من تلك التي تحتوي عليها القذائف البروتونية . ومن ثمّ تكون الطاقة المعادلة لهذا النقص في الكتلة كبيرة . فما أغنى هذا الكشف العلمي العظيم ! وهل بعد ذلك نحتاج إلى فحم وبترول وشلالات ومساقط مائية لاحداث الطاقة ؟ ترى هل عثرنا على ما سوف يحقق الحصول على تلك الثروة العظيمة من الطاقة الكامنة في قطعة من الحديد أو الليثيوم أو أية مادة أخرى ؟ إننا لا نعلم مدى ما سيصل بنا العلم إليه ، ولكننا في الوقت الحاضر ما زلنا عاجزين كثيراً عن الوصول إلى استخدام وسائل فنية للسيطرة على مخازن الطاقة الهائلة الموجودة في المادة والتحكم فيها . وإذا كانت فرص إصابة النواة قليلة جدًّا واحدة في كل مائة مليون كما يقول العالم انفلد Infeld فان استخدام الطاقة هذا لم يتعد البحث النظري البحت . ويجدر بنا أن نذكر أن تجارب مشابهة لهذه قد أجريت على عناصر أخرى غير الليثيوم ، وقد لوحظ في حالات كثيرة انبعاث أشعة ألفا بتأثير إطلاق القذائف البروتونية

— ٣ —

وأما الكشف المهم الثاني فقد حدث سنة ١٩٣٢ وهو كشف النيوترون . لقد خرج رذرفورد من تجاربه بصدد تحطيم النواة بأشعة ألفا بأن البريليوم ، كالهليوم والليثيوم ، من تلك العناصر

التي عندما تحطم نوىها نوى الهليوم لا ينبعث منه أي بروتون . ولكن سلسلة التجارب التي أجريت على هذا العنصر قد أدت إلى ظاهرة جديدة غريبة . ذلك أن البريليوم إذا أطلقت عليه قذائف ألفا السريعة الخارجة من مادة مشعة فانهُ هو نفسه يصير مصدر إشعاع جديد خفي تكتنفه الأسرار . ولنسمه الآن الاشعاع البريليومي، لأننا لا نستطيع تسميته بأي أسماء الاشعاع المعروفة . فما هو بهمرة بروتونات ولا بهمرة جسيمات ألفا أو بيتا ، ثم هو لا يمكن أن يكون إشعاع المادة العادي وذلك لقوة نفاذه العظيمة إذ لا توقفه الألواح الفلزية إذا اعترضت سبيله ، وما هو أيضاً باشعاع كهرطيسي قصير الموجة من طراز أشعة جاما . وكان العالم شادوك هو الذي يبحث في هذه الأشعة البريليومية في معمل رذرفورد فكان أول من جهر بأنها نوع جديد من الأشعة وسماها الأشعة النيوترونية نسبة" إلى جسيم جديد هو النيوترون. وهذا قول جديد لم يسبقه به أحد ، وكشف علمي لم يبلغ من العمر ونحن في أواخر سنة ١٩٤٠ ثمانية أعوام . ومع ذلك فقد ثبت أنهُ رأي حصيف مثمر يجلو بناء النواة الذرية بضوء جديد

فما هو ذلك النيوترون ؟ في ذرة الايدروجين يدور إلكترون حول بروتون . وأبعاد هذه المجموعة الشمسية الصغيرة صغيرة جداً من رتبة جزء من مائة مليون جزء من السنتيمتر . تصوَّر إلكتروناً يدور في فلك قطره أصغر من قطر ذرة بوهر عشرات ألوف المرات. فنحن لدينا إذن مجموعة كوكبية متعادلة كهربائياً أبعادها من الرتبة التي نسبناها للنواة. فهذا هو نموذج النيوترون إن صلة البروتون بالالكترون أقوى، وأشد من ذلك مئات ألوف المرات ، وإذن فتمزق النيوترون أو شطر الالكترون بعيداً عن البروتون يستلزم جهداً أكبر كثيراً من تمزق ذرة الايدروجين . إن كتلة النيوترون تساوي بالتقريب كتلة البروتون ، بل هي في الحقيقة أقل قليلاً منها لأن النيوترون مجموعة اتزنت واستقرت حيث أن جزءاً من كتلته (كما هو الحال في الهليوم) ينبثق إشعاعاً خلال عملية خلقه أو تكوينه . في ضوء هذا أصبح واضحاً كيف أن المادة تكون شفافة بالنسبة للنيوترون ، وكيف أن همرات النيوترونات يمكن أن تنفذ خلال الألواح الفلزية السميكة . لقد كان الرأي أن المادة تتألف من إلكترونات وبروتونات تفصلها عن بعضها مسافات واسعة . فالنيوترون — وهو أصغر من المسافة الموجودة بين النواة والكواكب الالكترونية عشرات ألوف المرات — لا يجد من ثمَّ عقبة ما ، ولذا كان الفلز السميك كبير المسامية ، اذا صحَّ التعبير ، بالنسبة للاشعاع النيوتروني . وعدا هذا فان المجالات الكهربائية للنوى وللالكترونات لا يمكن أن تحدث انحرافاً في مسار النيوترون لأنه من الوجهة الكهربائية متعادل"

وإذن فلنلخص التحولات الكيميائية التي تصحب انبعاث النيوترون ، ولنأخذ البريليوم الذي

رقمه الذري ٤ ووزنه الذري ٩ ، فنحن نستطيع التوفيق بين هذين العددين إذا فرضنا أن :—

نواة البريليوم = جسيمين من ألفا + بروتون + إلكترون

والواقع أن ٢ × ٢ + ١ — ١ = ٤ ، ٢ × ٤ + ١ = ٩

ويقول شادوك عدا ذلك أن هذا الالكترون وهذا البروتون مقيمان معاً في نواة البريليوم متحدين فيها على صورة نيوترون . وإذن يمكن وضع المعادلة السابقة هكذا :—

نواة البريليوم = جسيمي ألفا + نيوترون

فلنحطم بعدئذ نواة البريليوم بجسيمات ألفا . وهنا سنتصور، كما سبق ، أن القذيفة ستستقر في النواة ، فينطلق من النواة نيوترون ، وتصير المعادلة هكذا :—

نواة البريليوم + جسيم ألفا = ٣ جسيمات ألفا + نيوترون هارب

والكربون هو العنصر الذي يحتوي على ٣ جسيمات ألفا — فهو العنصر الذي وزنه الذري ١٢ ورقمه الذري ٦ . فاذا كان تصورنا هذا صحيحاً فالبريليوم إذا أطلقت عليه جسيمات ألفا يخرج أشعة نيوترونية وذرات كربون .

وعلى ذلك فالراجح كثيراً أن يكون النيوترون داخلاً بالفعل في تكوين النواة . وقد تكون إلكترونات النواة دائماً أبداً متحدة مع بروتوناتها على صورة نيوترونات . ولا يتغير العنصر باضافة نيوترون إلى نواته ، لأن هذه الاضافة لا تغير من شحنتها ، ولكن الوزن الذري للعنصر يتغير . وإذن نصل إلى النتيجة الآتية : « إن العناصر التي تختلف ذراتها فقط في عدد ما بها من النيوترونات تكون نظائر . »

وهذا الاشعاع البريليومي الحادث على صورة نيوترون قد شوهد أيضاً في عناصر أخرى . وستؤدي هذه وغيرها من المسائل المتصلة بتكوين النواة في المستقبل القريب إلى تجارب جديدة وإلى نظريات جديدة ، لأنه لما عرض الأورانيوم إلى قذائف نيوترونية ظهر نظير جديد للأورانيوم أدى بدوره إلى ظهور عنصر جديد مشع هو الثالث والتسعون في جدول العناصر

— ٣ —

وهنا ننتقل إلى الكشف العظيم الثالث ، ونقصد به كشف البوزترون الذي وصل إليه بلاكت وأوكياليني في سنة ١٩٣٣

لقد مر بنا أن الالكترون والبروتون هما المكونان فعلاً للمادة ، وأن شحنتيهما متساويتان في المقدار ومختلفتان في الاشارة ، وأن كتلة البروتون قدر كتلة الالكترون ١٨٥٠ مرة تقريباً . ولكن الكشوف العلمية الحديثة قد دلت على أن الأمر أعوص من أن يفسر بهذا التفسير البسيط

فأولاً صارت لدينا نيوترونات كشف ظهورها عن مكونات جديدة للنواة لم تكن معلومة من قبل، وأن كتلتها تعدل كتلة البروتونات تقريباً، ولكنها لا تحمل شحنة كهربائية ما، وأنها تدخل فعلاً في تركيب النواة، ولكنها إذا أضيفت أو طرحت منها فانها لا تؤثر في شحنة النواة ولا يمكن أن تغير العنصر لأنها متعادلة في ذاتها وكل ما هنالك أنها تحوله إلى نظير جديد

ولكن قد ظهرت ثانياً لبنة جديدة أولية داخلة في تركيب المادة ألا وهي البوزترون.

إن القاطرة البخارية التي تجري فوق القضبان الحديدية تترك وراءها مايدل على مرورها إذ أنها تثير سحباً من البخار والغبار. كذلك يترك الالكترون أو البروتون وراءه علامات تدل على مروره حينما ينزلق سائراً فيما يسمى مخدع أو حجرة ولسن الغائمة، وقد مر بنا ذكرها في الباب الرابع الخاص بالراديوم، ومر بنا أن الفيزيقا التجريبية استطاعت بها أن تصور[1] آثار مرور الالكترونات والبروتونات، وأن تفحص كيف تتغير هذه المسارات إذا وقعت تحت تأثير مجالات كهرطيسية خارجية، وكيف يستطيع الفاحص من مدى هذه التغيرات أن يستنتج ما شاء بخصوص سرعات هذه الجسيمات الأولية وكتلها

نحن نعلم أن المواد المشعة مصدر تنبعث منه الالكترونات (أشعة بيتا) ونوى الهليوم (أشعة ألفا). فاذا وضع جهاز ولسن هذا بجوار مادة مشعة ظهر بوضوح مسار هذه الجسيمات. ويختلف مسار الالكترون عن مسار جسيم ألفا. وتقريب المادة المشعة ضروري لكي تتمكن من « رؤية » مسار هذه الالكترونات أو البروتونات. والجهاز في الحقيقة يمكن وضعه في أي مكان لأن هذه المسارات توجد دائماً أبداً في كل مكان، ولكن عددها يزيد زيادة فاحشة إذا وضع في جوار المواد المشعة

فما هو مصدر الطاقة التي تحدث هذه المسارات ؟ إنه الاشعاع الكوني وهو إشعاع يرود — كما مر بنا — كل مكان ويخترق كل زاوية وشق في الارض، ويحدث باصطدامه العرضي بالمادة ظواهر آثارها هي تلك التي نشاهدها في جهاز ولسن

ولقد أدى هذا بأندرسون Anderson بأميركا وبلاكت وأوكياليني بكمبردج إلى استكشاف قد يؤدي إلى تغير جوهري في آرائنا بخصوص الكون المادي. وما استكشفه هؤلاء هو أن بعض هذه المسارات لا يمكن أن تكون مسارات إلكترونات أو بروتونات أو جسيمات ألفا، فهي تسلك في المجال المغناطيسي كما لو كان لها فعلاً شحنة أولية موجبة وكتلة أقل كثيراً من كتلة البروتون. وبعبارة أخرى تسلك مسلك « شحنات أولية موجبة كتلة الواحدة منها تعدل

(١) يقول العلامة آرثر فندلاي في كتابه « الكون المنشور » انه يمكن استخدام هذه الحجرة في تصوير الروح، حيث أمكن تصوير أرواح الحيوانات وهي تنسل من أجسادها عند موتها

كتلة الالكترون» . فهذه الجسيمات الجديدة التي كانت حتى ذلك اليوم مجهولة من اللبنات الأولية المكونة للمادة ولنسمها «إلكترونات موجبة أو بوزترونات» . ويقول العلامة إقلد الألماني الذي ننقل عنه هذا بأن استكشاف هذه الجسيمات لم يكن غير متوقع لأن البحث النظري قد أنبأ بوجودها

— ٤ —

وأما الكشف الرابع فهو كشف الديوترون deuteron وقد أدى إليه التنقيب عن نظائر العناصر . ذلك أن نظيراً جديداً للايدروجين قد استكشفه أوري وبركويد ومورفي . ونحن إذا ألقينا نظرة على جدول النظائر رأينا أن النسب بين أوزان نظائر العنصر الواحد ضئيلة إلا في حالة الايدروجين فان النسبة بين وزني نظيريه مرتفعة. خذ مثلاً الليثيوم تجد كتلتي نظيريه ٦ و ٧ أما هذا النظير الايدروجيني الجديد ، أو الايدروجين الثقيل ، فوزنه ضعف وزن الايدروجين العادي — وإن تكن ذرات الاثنين من الوجهة الكيميائية واحدة . ولقد سميت هذه الذرات الايدروجينية الثقيلة ديوترونات (جمع ديوترون) وسمي الايدروجين الثقيل ديوتريوم deuterium . ويحتوي غاز الايدروجين العادي على جزء من ثلاثين ألف جزء من الديوتريوم . ويمكن عادة أن يحضر أي مركب كيماوي يحتوي على إيدروجين عادي من الايدروجين الثقيل — ومن أمثلة المركبات المحتوية على إيدروجين ثقيل الماء الثقيل والبنزين الثقيل . ويزيد وزن جزيء الماء الثقيل عن وزن جزيء الماء العادي بمقدار ١١ ٪ منه ، ودلت كثافة الماء الثقيل المقيسة على أنها في الواقع ١٠٧و١ جم لا جراماً واحداً . وتختلف خواصه الطبيعية عن خواص الماء العادي اختلافاً عظيماً فدرجة تجمده ٨ و٣°م ودرجة غليانه ٤و١٠١°م. وأما ما شاع في الصحف عند استكشافه من أنه سم قاتل فتلك فأمر ينافي الحقيقة، لأن الذين شغلوا باجراء تجارب عليه قد تذوقوه وابتلعوه وقالوا إنه في مذاقه شبيه بالماء وإنه عديم الخطر بتاتاً

وأهم ما في الديوترونات من الوجهة الفيزيقية أنها استخدمت كقذائف ذرية لاحداث تحولات عنصرية . والواقع أن العمل في هذا الصدد كان خصب النتائج . وجرت العادة أن يطلق على أمثال هذه التحولات « تحولات صناعية » للتمييز بينها وبين التحولات التلقائية في حالة العناصر المشعة . واتبعت هذه الطريقة الجديدة في استحداث التحولات فكان نصيبها النجاح في كمبردج . وفي أمريكا بمدرسة الفيزيقا في بركلي Berkley بكاليفورنيا تحت اشراف الاستاذ لورنس E. O. Lawrence وتستخدم في هذا الصدد ضغوط كهربائية مرتفعة جداً ، وكلما

ارتفع الضغط زاد إنتاج التحول ، فقد بلغ مثلاً في حالة الصوديوم المحطم بالديوترونات أن زاد الانتاج حتى بلغ سبعين ضعفاً حينما زاد الضغط الكهربائي من مليون فولط إلى مليونين . وكان لورنس هذا قد ابتكر جهازاً خاصًّا لاستحداث بروتونات بطاقة تبلغ مليوني فولط ، فلما استعملت الديوترونات كقذائف في هذا المدفع الكهربائي أمكن الحصول على نتائج هامة سواء في أميركا أو في كمبردج

ولما حطم لورنس الصوديوم باستخدامه الديوترونات في جهازه هذا أمكنه الحصول على نظير صوديومي شعَّاع صناعي ، وقد حصل عليه بمقادير عظيمة . ووجد من تجاربه أن عمر هذا النظير المشع ١٥ ساعة ، على حين أن عمر الراديوم ألفا سنة . وقد وجد أيضاً أن نشاطه الاشعاعي يكاد يعدل نشاط الراديوم ، وأن لهذا الصوديوم الراديومي من الوجهة الطبية فائدة عظمى : ذلك أنه من الوجهة الكيماوية غير مؤذٍ لأنه يمكن إدخاله في الجسم فلا يختلف مسلكه فيه من الناحية الكيماوية عن ملح الطعام العادي ، ثم إن المادة التي يستحيل إليها وهي المغنسيوم ليست مؤذية أيضاً . وعدا هذا فان نشاطه الاشعاعي يتناقص بسرعة فلا يكون له إلا أثر طفيف جدًّا بعد مضي بضعة أيام . والمنتظر أن يستطيع لورنس في القريب العاجل استحداثه بمقادير تكفي لاجراء تجارب تستجلي خواصه البيولوجية

— ٥ —

إزاء ما عثر عليه الفيزيقيون من الجسيمات الداخلة في تكوين الذرة لا يسع الباحث إلا أن يدهش إذا هم عثروا على جسيم جديد . ترى هل يمضي العلماء العلميون في تصيد هذه الجسيمات وجمعها كما يتصيد الحشريون أنواعاً جديدة من البق مثلاً ، أو هل هذه الجسيمات هي التي تدفع بنفسها إلى الظهور ؟ لقد مرَّ بنا كيف أنهم عثروا على الالكترون فالبروتون فالبوزترون فالنيوترون ، وقيل إنهم عثروا على جسيمين آخرين هما أصغر الجسيمات كلها حجماً وهما النيوترينو neutrino والنيوترتو neutretto وظنَّ البحَّاث أن كرات البليارد الذري هذه قد اكتملت أنواعها ، ولكن ظهر جسيم جديد هو الميزوترون mesotron

وتعددت الآراء بصدد مصدر وجود هذا الجسيم في الطبيعة ، ولكن انتهى البحَّاث إلى أن مصدره الأشعة الكونية التي تغمرنا باستمرار هابطة إلينا من رحاب الفضاء ، وقد عرفها العلماء منذ سنين ، ولكنهم لم يقفوا على بعض كنهها إلا حينما اتجهوا صوب حجرة ولسن الغائمة لخبرها وبلو حقيقتها

وتتألف هذه الحجرة ، كما هو ظاهر من شكلها أمام صفحة ٣٦ ، من أسطوانة زجاجية

يغطيها لوح من الزجاج . ويوجد بداخلها قليل من سائل كالماء أو الكحول يتبخر باستمرار فيملأ البخار فراغها باستمرار . وبأسفلها مكبس إذا سحب فجأة إلى الخارج بوسيلة آلية خاصة تمدد هذا البخار ثم تكاثف. فاذا ما ضبط التمدد بحيث منع حدوث التكاثف فان أي إلكترونات أو أي جسيمات أخرى مشحونة تمر هذه الحجرة تترك وراءها مسارات ضعيفة لبخار متكاثف في مواضع سريانها ، وبتصوير هذه المسارات تصويراً فوتوغرافياً يمكن معرفة الكثير عن طبيعة هذه الجسيمات ، كما مرَّ بنا في آخر الفصل الرابع من القسم الأول من هذا الكتاب . فمثلاً يمكن إيجاد سرعاتها إذا وضعت الحجرة بين قطبي مغناطيس كهربائي كبير . ويؤثر المجال المغناطيسي في الجسيمات المشحونة المتحركة فيجعلها تنحرف في اتجاه عمودي على المجال المغناطيسي وعلى مسارها الأصلي . ومن ثمَّ ينحني هذا المسار المغناطيسي مكوناً قوساً في دائرة . ويكون نصف قطر الدائرة مناسباً لكمية تحرك الجسيم . ولما كانت كمية التحرك تقدَّر بحاصل ضرب الكتلة في السرعة فان هذه السرعة يمكن تقديرها إذا عرفت الكتلة

وأعدَّ المجربون في هذا الصدد أجهزتهم هذه متلمسين فقط العثور عرضاً على مسارات الأشعة الكونية . وسرعان ما أثمر البحث في هذا الصدد ، فحينما وضعوا في داخل الحجرة حاجزاً من الرصاص أظهرت الصور الفوتوغرافية الكثيرة المأخوذة ظواهر غريبة . دخل جسيم شعاع كوني الحجرة من عل وسار قدماً نحو لوحة الرصاص أو ذلك الحاجز الرصاصي ، ثم خرج من الجانب الآخر وخرجت معه همرة جسيمات أخرى غيره فكأنما قد حدث انفجار

وإلى هنا والنتيجة معقولة سليمة . فهناك من الأسباب القوية ما يدعو إلى الاعتقاد بأن هذه المسارات التي شوهدت قد استحدثتها الالكترونات . ودلت دراسة همرات الجسيمات على أن الجسيمات التي تحدثها همرات تستطيع هي نفسها أن تحدث همرات أيضاً ، ودلَّ النقص الحادث في طاقتها من جراء اختراقها الحواجز الرصاصية على أنها كلها كانت إلكترونات . ولكن كثيرين من المشتغلين في تجارب الأشعة الكونية شاهدوا جسيمات أخرى ، وعلى الرغم من أن مساراتها بدت كأنها مسارات إلكترونية إلاَّ أنها خالفت الالكترونات في المسلك . ولكي نفهم كيف حيرت العاملين هذه الجسيمات وجب علينا أن نفهم كيف تفقد الجسيمات المشحونة طاقتها عند اختراقها المادة

فلنأخذ أولاً جسيماً ثقيلاً كالبروتون . فلما كانت المسافة بين الذرات في لوحة الرصاص قدر سمك البروتون مائة ألف مرة فان هذا لا يمكن أن يفقد طاقته بالاحتكاك أثناء مروره خلال اللوحة كما تفقد الرصاصة المنطلقة طاقتها وهي تخترق قطعة من الخشب . ومعروف أن معظم النقص في الطاقة التي يفقدها بروتون يرجع إلى القوى الكهربائية التي يؤثر هو بها في الالكترونات

الموجودة في المادة التي يمر خلالها . ويحتاج الأمر إلى ثلاثين فولطاً تقريباً من الطاقة لكي ننزع إلكتروناً من جزيء الهواء . وعدد هذه الجزيئات الهوائية المجدوعة ، أو الأيونات ، يمكن إيجاده . وقد وجد أن البروتون الذي طاقته مليون فولط يحدث كثيراً من هذه الأيونات حتى أنه ليفقد كل طاقته تقريباً فيما يقل عن نصف بوصة من الهواء . أما في الرصاص فهذا البروتون يكاد لا يخترقه البتة . ففقدان الطاقة بالتأين من خصائص الجسيمات الثقيلة التي لا تتحرك بسرعات كبيرة جداً . ولو أن العملية معقدة جداً إلا أنه وجد أن نقص الطاقة يكون أكبر كلما كان سير الجسيم أبطأ . ويقدم لنا قياس معدل النقص في الطاقة فكرة تقريبية عن سرعة الجسيم

وعرف كذلك نوع جديد غريب من هذا النقص الحادث في الطاقة يخالف المعروف منه فالجسيمات التي تماثل الالكترونات في خفة الوزن والتي تنطلق بسرعات عالية تفقد طاقتها إذا هي بعثت موجات كهرطيسية عند ما تسير خلال المادة . وذلك هو عين ما يحدث عند ما تصدم الالكترونات الهدف في أنبوبة أشعة إكس ، وهو ما يسمى عملية فقدان الطاقة بالاشعاع

مما مضى نستطيع أن نفهم أن دراسة الطريقة التي بها يفقد جسيم مشحون طاقته تقدم لنا ما يجعلنا نفهم شيئاً عن حقيقته هو نفسه . والواقع أن البحاث حاولوا إيجاد أقيسة لهذا النقص في الطاقة ولكنهم لاقوا عناء في هذا الصدد

فطاقات جسيمات الشعاع الكوني تبلغ بلايين الفولطات . وأمثال هذه الجسيمات تتحرك بسرعة عظيمة فلا يمكن لغير أشد المغناطيسات وأكبرها أن يثني مساراتها بالقدر الذي يخضعها للقياس . ومع ذلك فقد أمكن بالعمل الدقيق الحصول بالتدريج على المعلومات اللازمة المؤدية الى النجاح . ولما تراكمت الاقيسة على بطئها أصبح الشك يقيناً . وفقدت هذه المسارات — التي حدثت من همرات أو أحدثت هي نفسها همرات — طاقة على نفس النمط المتوقع من الالكترونات ، فكانت دون شك إلكترونات . ومن جهة أخرى فان تلك المسارات التي حدثت دون همرات كانت من نوع مخالف لأنها أظهرت قوة نفاذ أكبر من أي جسيمات أخرى مشحونة معروفة للآن . ولفتت النظر واحدة من تلك التجارب التي أجريت لاظهار قوة النفاذ هذه ، لأن الجسيمات فيها دفعت إلى المرور خلال ما يزيد عن سبع عشرة بوصة من الرصاص . وهذه هي التي أجراها ستريت Street وودوارد Woodward وستفنسون Stevenson في جامعة هارفارد

وفي سنة ١٩٣٧ قدم الدكتور كارل أندرسون والدكتور ست ندرماير الاستاذين في معهد الصناعات والفنون بكاليفورنيا رسالة نشرتها المجلة الفيزيقية The Physical Review واشتملت

هذه الرسالة على عرض طلي لفقدان طاقة جسيمات الشعاع الكوني، وجاء فيها كيف أن الجسيمات التي لا تجيء مجتمعة في همرات تفقد من الطاقة أقل كثيراً مما تفقده همرة الجسيمات. وقد فرض الدكتوران أن الجسيمات المجهولة هذه أثقل من الالكترونات وأخف من البروتونات. واذن فالجسيمات المعلومة كمية تحركها تسير أسرع من البروتونات ولا تفقد طاقة كثيرة بعملية التأين. ثم إنها من جهة أخرى لا تسير بسرعة الالكترونات ولا تفقد كثيراً من طاقتها بالاشعاع. وهذا قد يفسر ضآلة نقصها في الطاقة وعظم قدرتها النفاذة

ولكي يحققا صدق نظريتهما كان من الضروري أن يعينا كتلة هذه الجسيمات. وكانت العقبة أن كمية الحركة هي التي يمكن قياسها من انحراف الجسيمات بمغناطيس، وأن الكتلة لا يمكن أن تعرف إلاّ اذا عرفت السرعة. ومضى المجربون يحاولون قياس سرعات هذه الجسيمات المجهولة بالطريقة الآتية: —

إن الجسيم المشحون الذي يخترق الحجرة الغائمة يترك وراءه مساراً بسبب الايونات التي يحدثها في طريقه. ويعمد بخار الحجرة إلى التكاثف على هذه الأيونات، وباحداث التمدد الملائم يلتقط كل أيون نظيرة من البخار المتكاثف. فاذا أمكن إعاقة هذا التمدد جزءاً من ثانية بعد مرور الجسيم وجدت الأيونات وقتاً تنزاح فيه متباعدة، فيمكن بميكرسكوب إيجاد عدد التقيطات. وإذا أمكن إيجاد عدد الأيونات الموجودة في كل سنتيمتر من المسار أمكن تعيين معدل النقص في الطاقة، وهذا يقربنا كثيراً من معرفة سرعة الجسيم. وإجراء أمثال هذه الأقيسة من الصعوبة بمكان فلا بدّ من مواتاة الظروف وما كل صورة يخرجها المصور بنافعة. ومع ذلك فقد سار العمل حتى إذا كانت سنة ١٩٣٧ حصل كل من ستريت وستفنسون، ثم بعدهما بقليل أندرسون وندرماير، على الصور التي كانوا يتطلعون إليها، وعرفوا حلقة الاتصال الأخيرة في سلسلة البينات التي امتدّ أجلها سنين عديدة. ودلت الأقيسة المأخوذة لكتلة الجسيمات من هذه الصور على أن كتلة الجسيم الجديد تعدل كتلة الالكترون العادي خمسمائة مرة. وقدمت اقتراحات عديدة بخصوص تسمية هذا الجسيم الجديد، ولكن اسم الميزوترون الذي اقترحه الدكتور أندرسون هو الذي حاز القبول

وما كاد العلميون يمضون في البحث عن المكان الذي يضعون فيه هذا الجسيم الجديد حتى عثروا خلال بحثهم على رسالة مذكورة في « محاضر جمعية اليابان الفيزيقية الرياضية ». ففي هذه الرسالة التي ظهرت قبل كشف الميزوترون بسنتين تقريباً يعلن العالم الفيزيقي الياباني يوكاوا Yukawa عن نظرية يفسر بها قوة التجاذب بين النيوترون والبروتون. وترمي هذه النظرية إلى أن تلك القوة المجهولة التي تجمع شتات الذرة يمكن تفسيرها إذا نحن فرضنا أن هناك جسيماً

جديداً تعدل شحنته شحنة الالكترون وتكون كتلته أكبر من كتلة الالكترون . فاذا كان جسيم يوكاوا هذا هو الميزوترون كما يعتقد الآن كثيرون من العلميين فلا يكون هناك ثمة تناقض تجريبي قد أزيل فحسب بل يكون قد سُدّ أيضاً بكشف الميزوترون فراغ في البحث النظري

ولا حاجة بنا إلى القول بأن ظهور الميزوترون قد أثار مجال البحث في الشعاع الكوني ودفع به إلى نشاط جديد . فالمجربون يعيدون تجاربهم للحصول على أقيسة صحيحة من مسارات الشعاع الكوني ، مستعملين أجهزة أكبر من السابق استخدامها سواء كانت مغناطيسات أو حجرات واسن . والمنتظر الحصول من وراء هذه الأجهزة الجديدة على معلومات أدق

ولنعد الآن إلى السؤال الذي افتتحنا به الكلام عن الميزوترون . هل صيد هذه الجسيمات نوع من جمع الحشرات أو هل العالم الفيزيقي سيمثر على هذه الجسيمات وهو يشرب الحساء عند بدء تناوله الطعام ؟ أولى بنا أن نعود إلى أقدم عضو في أسرة هذه الجسيمات ونعني به الالكترون فنقول إن هذا الجسيم هو حلقة الاتصال في تقدم الفيزيقا النظرية منذ سنة ١٨٧٥ إلى الآن . ونستطيع القول ونحن مطمئنون إنه بدون معرفتنا الالكترون ما كنا حصلنا على أشعة إكس ولا على الراديو ولا على التلفون للمسافات الطويلة . ومن يدري فلعلّ يوماً يجيء قريباً فلا يكون الميزوترون فيه أقل شأناً من زميله الالكترون

***

وإذن يوجد في عالمنا المادي : —

شحنات أولية سالبة هي الالكترونات

شحنات أولية سالبة أكبر من هذه في الكتلة ٥٠٠ مرة هي الميزوترونات

شحنات أولية موجبة تعدل الالكترونات في الكتلة هي البوزترونات

شحنات أولية موجبة أكبر من هذه في الكتلة ١٨٥٠ مرة هي البروتونات

شحنات أولية موجبة ضعف البروتونات في الكتلة هي الديوترونات (أو الدبلونات diplons)

جسيمات أولية من المادة لا شحنة فيها وكتلتها أكثر قليلاً من البروتونات وهي النيوترونات

جسيمات تعدل كتلتها كتلة أربعة بروتونات وتعدل شحنتها شحنة بروتونين وهذه هي جسيمات ألفا

وهذا عدا الفوتونات التي هي وحدات الضوء أو طاقة الاشعاع

وإخال إننا قد وصلنا الى آخر سياحتنا في أعماق المادة ، وعرفنا أننا في كون قلق غير مستقر . لقد بحثنا عن دنيا مستقرة فلم نجد هذه الدنيا وكلما أمعنا في التعمق بدا لنا الكون أكثر اضطراباً وأشد تعمية وانبهاماً . لقد قيل إن أرخميدس لما استكشف قانون الروافع أسرع

إلى مليكه يخبره في زهو بكشفه هذا قال « أعطني أيها الملك مكاناً أقف فيه خارج هذه الأرض أقلقلها لك » ولكن لا يوجد في الكون مكان ثابت مستقر فالكون كله ماض في رقصه الوحشي يهتز وينتفض . ولم يكن قول أرخميدس هذا باطلاً لهذا السبب وحده فلأن تحرك العالم وتقلقل الأرض معناه أنك تخالف القوانين الكونية — وهذه حاسمة ثابتة لا تتغير

إن اهتمام العالم العلمي ، كأيمان المتدين أو إلهام الفنان ، ليس الا وصفاً لتطلع بني الانسان إلى شيء ما ثابت ، شيء مستقر في الدوامة العالمية — هو تطلع إلى الله ، إلى الجمال ، إلى الحق والحقيقة

الحقيقة هي كل مايتطلع إليه الرجل العلمي . إنه لا يجد في هذا الكون شيئاً مستقراً ، ولا شيئاً باقياً . ليس كل شيء يصح أن يعرف بله أن يتنبأ به . ولكن عقل الانسان يستطيع إدراك جزء على الأقل من هذه الحقيقة . وبين سريان هذه الظواهر ومروقها يقف قطب القانون السرمد الذي لا يتغير

ولكن مع كل هذا ألا يمكن تبسيط هذه الصورة التي رسمناها للعالم المادي بعض التبسيط ؟ ألا يمكن أن نقول إن البروتون ما هو إلا مجموع نيوترون وبوزترون ؟ وهل لا يمكن أن يكون جسيم ألفا مجموع نيوترونين وبروتونين ؟ وهل لا توجد أيضاً شحنات أولية سالبة تعدل كتلة الواحدة منها كتلة البروتون ؟ وهل لا توجد جسيمات أولية لا شحنة فيها وكتلتها تعدل كتلة الالكترون أو أقل قليلاً ؟ لقد قالوا إنهم عثروا على هذا الجسيم وسموه نيوترينو neutrino بل على ما هو أصغر منه وسموه نيوترتو neutretto ، ولعلهم عاثرون على غيرها حتى يتم التماثل بين هذه الجسيمات الذرية . وهذه بعض المسائل الجديدة التي بدت في أفق البحث العلمي . وقد بدأ العلماء يواجهونها في كثير من العناية ، وقد يصلون بها إلى جديد

قد يربكنا المرتاب بتذكيره إيانا بما سبق أن قلناه عن الالكترونات والبروتونات من أنهما لبنات هذا الكون المادي ، مع أن العلماء قد عثروا على غيرها . وقد يسألنا هل ما ذكر في هذا الكتاب مبنيًّا على افتراض أنه لا مادة أولية غير الالكترونات والبروتونات صحيح أم غير صحيح ؟ وخير ما نعمله إزاء هذا السؤال الأخرق أن نشيح عنه معرضين قائلين له « أعد قراءة هذا الكتاب أعد قراءة هذا الكتاب »

صورة خطاب وزارة المعارف الى المؤلف بصدد هذا الكتاب

وكان قد قدمه اليها للفحص في شهر مايو سنة ١٩٣٥ واستفسر عنهُ في يناير سنة ١٩٣٧

وزارة المعارف العمومية
ادارة المخازن

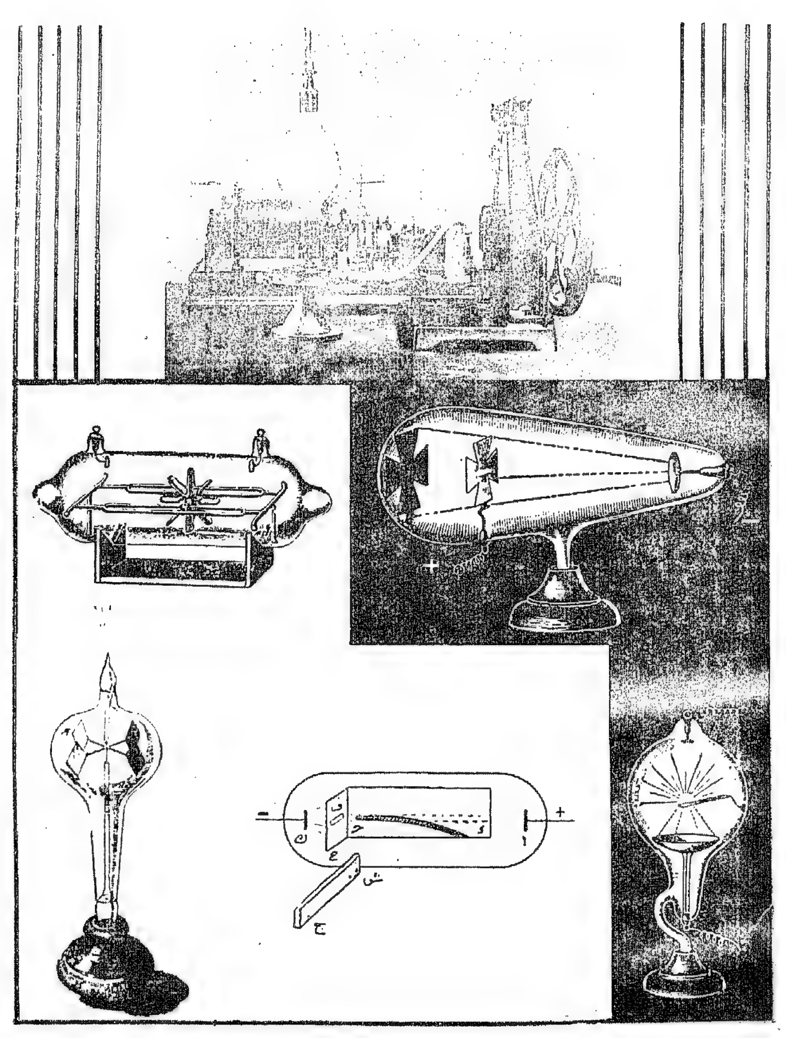
بشأن كتاب الفيزيقا الحديثة
رقم ١٥١٩ في ٢٧ / ٧ / ١٩٣٧

حضرة المحترم أحمد فهمي أبو الخير افندي المدرس بالمدرسة السنية

اشارة الى خطاب حضرتكم المؤرخ ٢٦ يناير سنة ١٩٣٧ بشأن كتابكم « الفيزيقا الحديثة » نفيدكم أن الوزارة فحصت هذا الكتاب ورأت أن المعلومات الواردة به قد تناسب إدراك طلبة الجامعة المصرية الذين يدرسون مواد تتصل بعلم الطبيعة ، ولذا نعيده لحضرتكم مع هذا للتقدم به الى الجامعة فاذا طبعته على نفقتها أو قمتم أنتم بطبعه أمكن الوزارة شراء نسخ منه لمكتبات المدارس — دون أن يفيد ذلك ارتباط الوزارة مع حضرتكم بشيء ما

وتفضلوا بقبول فائق الاحترام

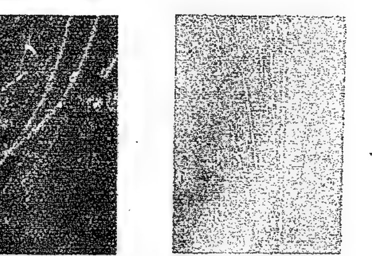
وكيل المعارف
(امضاء) محمد العشماوي



التفريغ الكهربائي في أنبوبة مخلخلة (أعلى الصفحة) سير الأشعة الكاثودية في خطوط مستقيمة . (الأيمن وسط الصفحة) . التأثير الديناميكي لأشعة الكاثود (الأيسر وسط الصفحة) . التأثير الحراري (الأيمن أسفل الصفحة) . تأثر أشعة الكاثود بالمجال المغناطيسي (الاوسط أسفل الصفحة) الراديومتر (الأيسر أسفل الصفحة)

انظر صفحة (٥)





ا ـــ جهاز مخدع ولسن
الاناء العلوي هو المخدع وفيه يتمدد البلل في الهواء وتلتقط الصور خلال زجاج قمة الاناء العلوي

ب ـــ مسارات الالكترونات المتحركة وقد كبرت بحيث تظهر النقيطات المفردة

جـ ـــ مسارات جسيمات ألفا خلال غاز الهليوم وهي من جراء التصادم تشبه شوكة الطعام

[انظر صفحة ٣٥ و ٣٦]

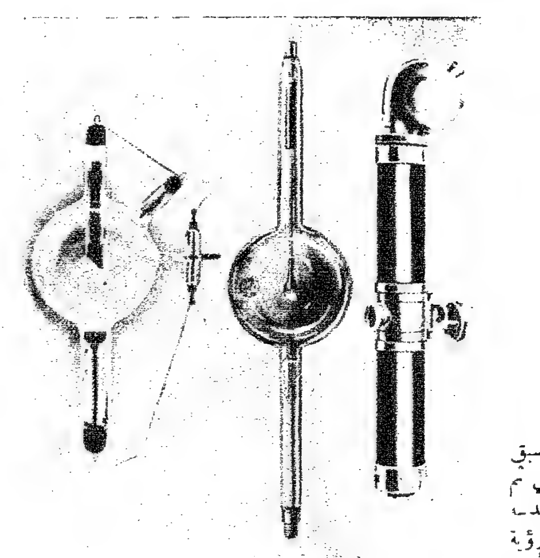
ع

ا

ح

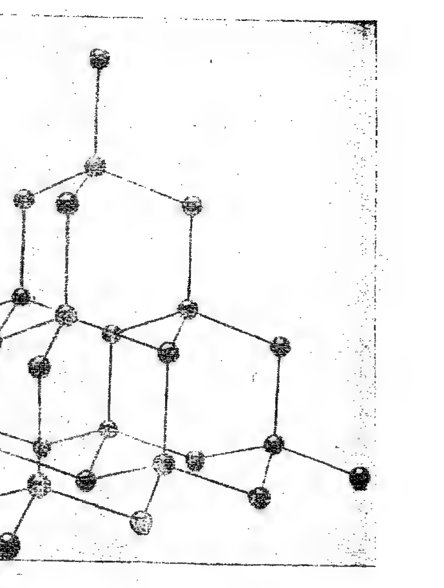
منظار الشرر
ويرى فيه ابرة (ا) سبق أن غمس طرفها في ملح راديومي ثم وضعت بين حائل كبريتوري (ح) وعدسة (ع) اذا استبقت تماماً أمكن رؤية الومضان وأنه غير منتظم بل يتألف من عدة ومضات متقطعة يحدث كل واحد منها من تحطم جسيم من جسيمات الفا

[انظر الحاشية بأسفل صفحة ٣٢]

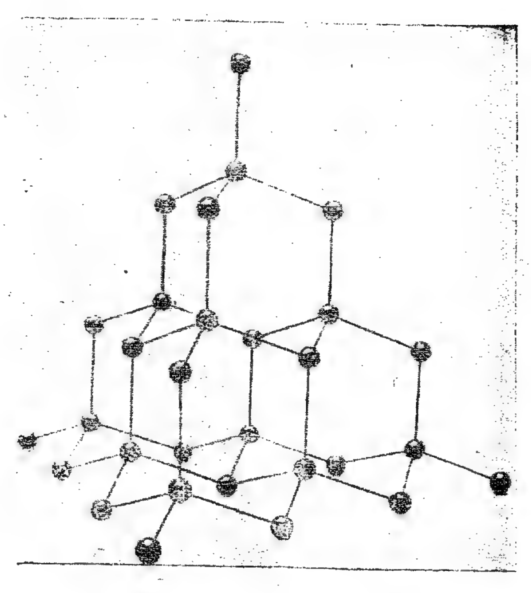


الانبوبة اليسرى هي الانبوبة الغازية وفيها تجيء الالكترونات من بقايا الغاز الموجود فيها أما الوسطى فهي أنبوبة كولدج Coolidge وتجيء الالكترونات فيها من سلك متوهج كما هو الحال في الصمام اللاسلكي ـــ وأما اليمنى فهي الانبوبة الفلزية وتنبثق الالكترونات فيها كما تنبثق من سلك ساخن والزجاج الداخلي المعزل

[انظر صفحة ٤٠]

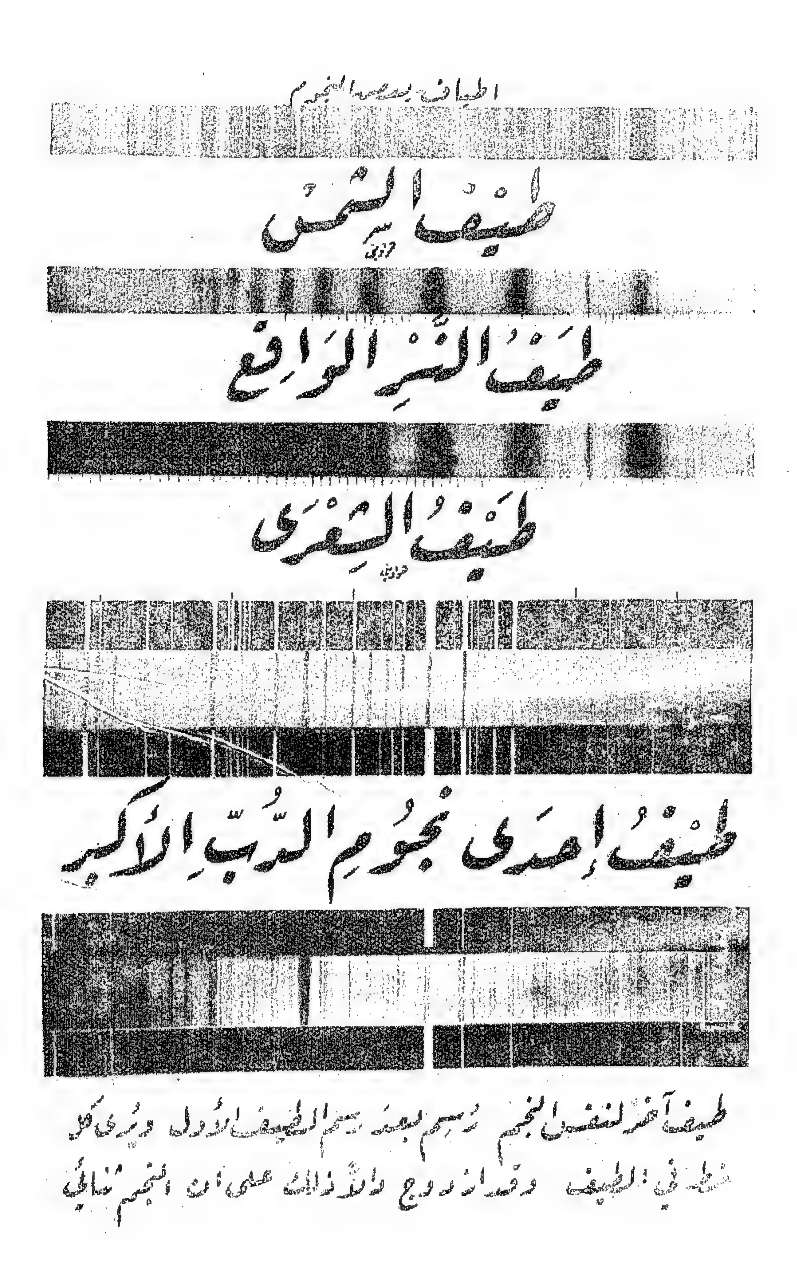


بلورة كلورور الصوديوم
تمثل الكرات السود ذرات الصوديوم وتمثل الكرات
البيض ذرات الكلور

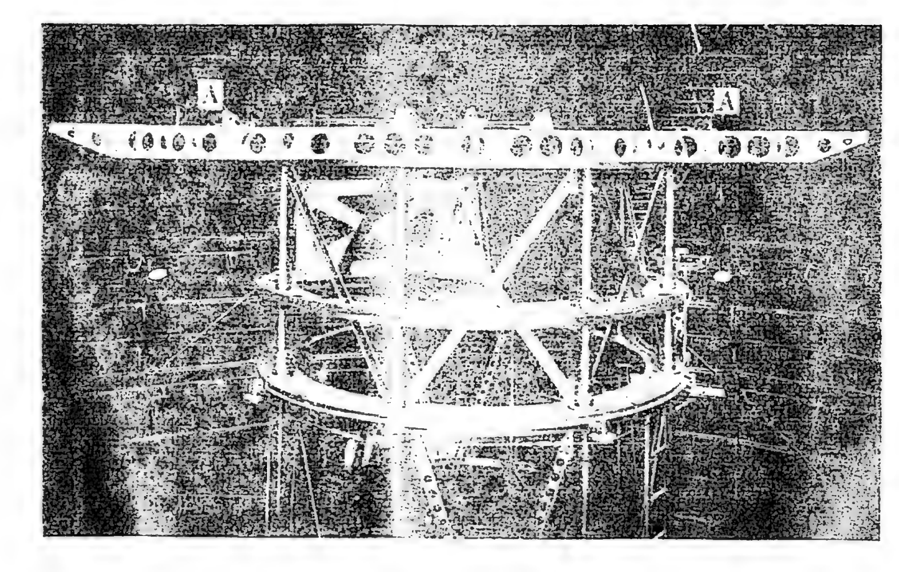


بلورة الماس
يمثل الشكل ترتيب
ذرات الكربون فقط

[انظر صفحتي ٦٠ و ٦١]


أطياف بعض النجوم
طيف الشمس
طيف النسر الواقع
طيف الشعرى
طيف إحدى نجوم الدب الأكبر
طيف آخر لنفس النجم رسم بعد رسم الطيف الأول ويرى كل خط في الطيف وقد ازدوج ودل ذلك على أن النجم ثنائي

[انظر صفحة ٧٦]

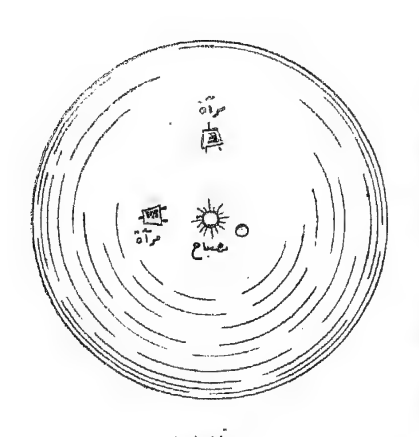


مقياس التدخل النجمي

[انظر صفحة ٧٨]



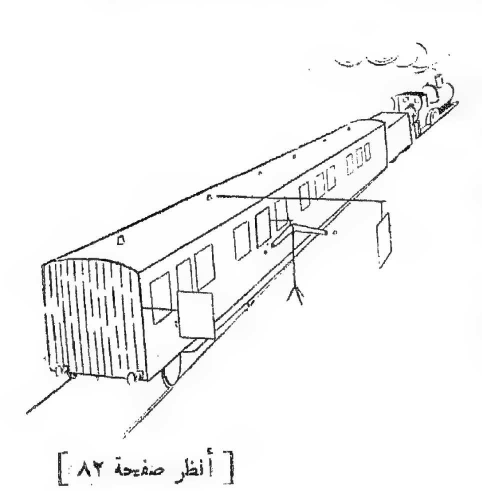
جهاز تجربة ميكلسون ومورلي



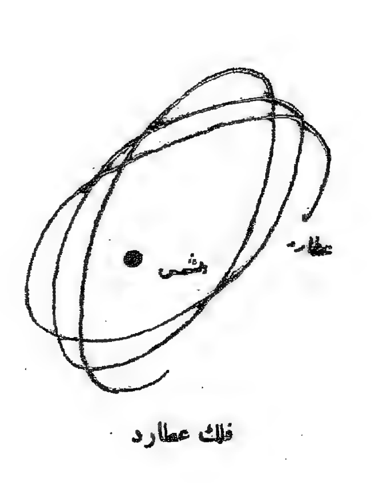
رسم تخطيطي
يوضح تجربة ميكلسون ومورلي

توضيح تجربة ميكلسون ومورلي بالقطار المتحرك والهدف المثبت فيه

يستطيع مسافر في القطار ان يقيس سرعة تحركه باطلاق الرصاص على هدفين مثبتين في القطار كما في الشكل وذلك بايجاد الفترة الزمنية بين عودتي الطلقين. ولا يمكن التغلب على مصاعب إجراء هذه التجربة ولكن أساسها المنطقي سليم



[أنظر صفحة ٨٢]



فلك عطارد

انحراف الضوء

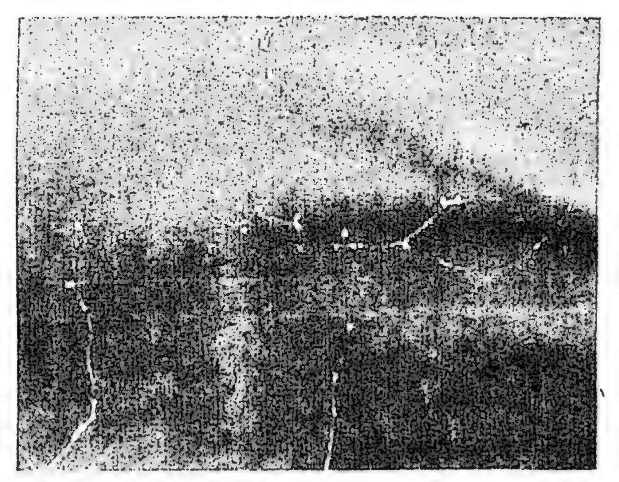
الموضع الظاهري للنجم

الموضع الحقيقي للنجم

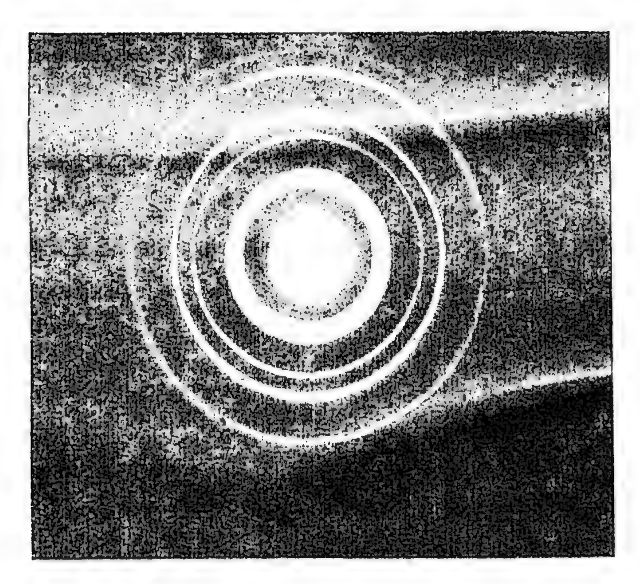
الشمس

الأرض

[انظر صفحة ٨٧]



المسلك الجسيمي للالكترونات (المسارات)



المسلك الموجي للالكترونات (الحيود)

[انظر صفحة ٩٩]

مراجع الكتاب

---

1 The New Physics, by Arthur Haas.
2 The New Background of Science, by Sir J. Jeans.
3 The Mysterious Universe. " " "
4 A Short History of Physics by H. Buckley.
5 Beyond Physics, by Sir Oliver Lodge.
6 Science & Human Experience, by H. Dingle.
7 The Universe of Science, by H. Levy.
8 Relativity : The Special & The general Theory, by A. Einstein.
9 Outline of Science, by J. A. Thomson.
10 Science To-day, by J. Lancelot Smith.
11 Stars, Atoms & God by H. E. Kirk.
12 The Foundations of Science, by H. Poincaré.
13 The Universe in the Light of Modern Physics, by M. Planck.
14 The World in Modern Science, by L. Infeld
15 New Worlds for Old, by R. G. Lunnon.
16 The Mechanism of Nature, by Dr. Andrade.
17 The Restless Universe, by Max Born.
18 Encyclopaedia Britannica, 13th. 14th. editions.

فهرس

كتب أخرى للمؤلف

بين تأليف وترجمة

أولاً — روايات قصصية :

المملوك المفقود	سنة ١٩٢٦
الأميرة المصرية	سنة ١٩٢٦

ثانياً — كتب علمية :

مذكرات التاريخ الطبيعي	سنة ١٩٢٥
السينماتوغراف وهندسته	سنة ١٩٢٩
علوم العرب الرياضية وانتقالها الى اوربا	سنة ١٩٣٠
هرم الجيزة الأكبر — مقاصده وعملياته البنائية	سنة ١٩٣٠
حرب الغازات (محاضرة)	سنة ١٩٣١

ثالثاً — سلسلة مقالات في العلم الروحي الحديث :

ظواهر الروحية (ملخص أعمال سير وليم كروكس)	سنة ١٩٣٩
خلق الانسان من تراب	سنة ١٩٣٩
عالم الروح في ضوء العلم الحديث	سنة ١٩٤٠
العلاج الروحي كما يراه الطبيب الدكتور ادوين فردريك باوورز	سنة ١٩٤٠

تحت الطبع من هذه السلسلة

بين العالمين المادي والروحي للطبيب الدكتور كارل ا . ويكلاند
بحث في الروحية للطبيب الدكتور كارل ا . ويكلاند
العلاج الروحي كما يراه الطبيب الدكتور جورج لندسي جونسون
العلاج الروحي كما يراه الطبيب الدكتور الكسندر كانون
رسائل في العلم والادب والاجتماع من عالم الروح